ऊर्जा

लोकोपयोगी विज्ञान

ऊर्जा

ए. के. बक्षी

अनुवाद

अ. पां देशपांडे

चित्रे

समरेश चटर्जी



नॅशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया

मुखपृष्ठावरील छायाचित्र : रामगुंडम औष्णिक केंद्राच्या वीजवाहिन्या
(सौजन्य : नॅशनल थर्मल पॉवर कॉर्पोरेशन लिमिटेड)

ISBN 81-237-2306-7

पहिली आवृत्ती : 1998 *(शके* 1919)
दुसरी आवृत्ती : 2002 *(शके* 1924)
तिसरी आवृत्ती : 2003 *(शके* 1924)

Energy *(Marathi)*

रु. 40.00

संचालक, नॅशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया, ए-5 ग्रीन पार्क
नवी दिल्ली-110 016 यांनी प्रकाशित केले.

अनुक्रमाणिका

पुरस्कार

आपल्या दैनंदिन जीवनात ऊर्जेला किती महत्व आहे हे आणखी वेगळे सांगायला नको. ऊर्जेच्या मदतीशिवाय जगात कोणतेही कार्य होत नाही. असे असले तरी गेल्या काही शतकापर्यंत ऊर्जेबद्दल आपल्याला फार वरवरची माहिती होती. ऊर्जेची अनेक रुपांतरे होऊ शकतात, याबद्दलही आपल्याला फारशी माहिती नव्हती. समाज जसजसा सुधारत गेला तसतसा ऊर्जेचा वापर आणि त्याचे उत्पादन यात आमूलाग्र बदल होत गेला. सुरुवातीच्या लाकूड आणि गोवऱ्यांची जागा जमिनीतून मिळणाऱ्या कोळसा, तेल आणि वायूनी घेतली आणि आता तर या खनिज ऊर्जेशी अणुवीज स्पर्धा करत आहे. जमिनीतून मिळणाऱ्या ऊर्जेचे स्त्रोत जसजसे कमी होत चाललेत तसतसे सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, समुद्राच्या लाटांपासून मिळणारी ऊर्जा आणि भूगर्भातून मिळणारी ऊर्जा याकडे लक्ष दिले जाऊ लागले आहे. त्याच बरोबर ऊर्जेच्या वापरात प्रचंड वाढ झाल्यामुळे पर्यावरणावरही त्याचे दुष्परिणाम झाले आहेत. जगातील ऊर्जेच्या साठ्याचा झपाट्याने होत चाललेला ऱ्हास आणि वातावरणावर दिसून येणारे दुष्परिणाम यामुळे उर्जेचा काटकसरीने आणि अधिक चांगल्या रीतीने कसा वापर करायचा याबद्दल सर्व जग चिंताक्रांत आहे. प्रदूषणमुक्त अपारंपरिक ऊर्जा स्त्रोताबद्दलचा शोधही आता सर्वत्र घेतला जात आहे.

ऊर्जेचे आपल्या आयुष्यात मोठे महत्व असल्याने ऊर्जेच्या विविध पैलूंबद्दल सर्वसामान्य माणसाला माहिती असणे जरुरीचे आहे. त्यासाठी सोप्या भाषेतल्या एखाद्या पुस्तकाची आवश्यकता होती. डॉ. ए.के. बक्षी यांनी ही गरज पूर्ण करायचा प्रयत्न केला आहे. ऊर्जा म्हणजे काय? कोणत्या वेगवेगळ्या स्वरुपात तिचा आपोआप अविष्कार होतो? ऊर्जेच्या उत्पादनाचा

आणि वापराचा पर्यावरणावर काय परिणाम होतो ? अशासारख्या प्रश्नांची उत्तरे डॉ. बक्षी यांनी या पुस्तकात दिली आहेत. वाचकांना हे पुस्तक आवडेल आणि त्यांचे कुतूहल वाढीला लावेल याची मला खात्री आहे.

चंदीगड

डॉ. डी.व्ही.एस्. जैन

प्रस्तावना

ऊर्जा हा मानवी जीवनाचा मूलाधार आहे. आपल्या अनुभवविश्वाचे कोणतेही अंग उर्जेशिवाय मुळी संभवतच नाही. भले मग ते बाह्यविश्वाशी निगडित असो; आपण काय करत असतो वा आपल्याला काय केले जाते यामध्ये ऊर्जेचा एका ठिकाणाहून दुसरीकडे होणारा स्थानबदल तरी दिसून येईल अथवा एका रूपातून ती दुसऱ्या रूपात आलेली दिसून येईल. उर्जेचे साम्राज्य विज्ञानाच्या सर्व शाखात पसरले आहे. समाजावर आज ऊर्जेचा प्रभाव आहे तो तिच्या तांत्रिक आणि कल्पक अविष्कारामुळे. विज्ञानाच्या सर्व शाखांवर ऊर्जेचा प्रभाव असल्याने तिने या सर्व शाखांना एका धाग्याने गुंफले आहे. एवढेच नव्हे तर अनेक वैज्ञानिक कूट प्रश्नांची उकल होण्यासही या ऊर्जातत्वांचा बहुमोल उपयोग होतो. आर्थिक विकास साधायचा तर ऊर्जा हवीच. त्यामुळे जमीन, मनुष्यबळ आणि भांडवल या तीन पायाभूत गोष्टीबरोबर ऊर्जा या चौथ्या गोष्टीची आता मूलभूत गरजेतच गणना झाली आहे, एवढी ती महत्वाची ठरली आहे.

ऊर्जेबद्दल सर्वसामान्य माणसाच्या मनात खूप प्रश्न असतात. ऊर्जा म्हणजे काय? ती मोजायची कशी? तिची वेगवेगळी रूपे कोणती? मुळात ऊर्जा मिळवतात कशी? आणि तिचे रूपांतर करायचे कसे? ती काटकसरीने कशी वापरायची? ऊर्जेच्या उत्पादनाचा आणि वापराचा पर्यावरणावर काही दुष्परिणाम होतो का, या साऱ्या प्रश्नांची अत्यंत सोप्या भाषेत उत्तरे देण्याचा प्रयत्न या पुस्तकात केला आहे. या पुस्तकाच्या वाचनाने वाचकाचे कुतूहल जागे व्हावे आणि याविषयी आणखी वाचन करायला तो उद्युक्त व्हावा असाच मुळी उद्देश आहे. सर्वसामान्य वाचकासाठी या पुस्तकाची भाषा साधी-सोपी ठेवली आहे. त्यामुळे ऊर्जा विषयातील तज्ज्ञांना हे पुस्तक फारच प्राथमिक

वाटेल, काही भाग गाळलाय असेही जाणवेल. पुस्तकातील मजकूर नीट समजावा म्हणून भरपूर चित्रे आणि आकृत्या दिल्या आहेत.

हे पुस्तक लिहायची मला संधी दिल्याबद्दल नॅशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया यांचा मी ऋणी आहे. पुस्तक लिहिताना प्रा. डी.व्ही.एस्. जैन यांनी मला वेळोवेळी ज्या सूचना आणि मार्गदर्शन केले त्यासाठी मी त्यांचे आभार मानतो. या पुस्तकाची मांडणी करुन आजच्या स्वरुपात ते आपल्या समोर आणण्यासाठी नॅशनल बुक ट्रस्टच्या संपादिका श्रीमती मंजू गुप्ता यांनी खूप परिश्रम घेतले आहेत. माझी पत्नी डॉ. पूनम बक्षी आणि अमन व पंकज या मुलांनी हे पुस्तक तयार होत असताना खूपच सहनशीलता आणि मनाचा समजूतदारपणा दाखविला आहे, याचा उल्लेख केल्याशिवाय रहावत नाही.

पुस्तकाच्या वाचनाने वाचकांना आनंद होईल अशी आशा आहे.

ए.के. बक्षी

1

ऊर्जा म्हणजे काय?

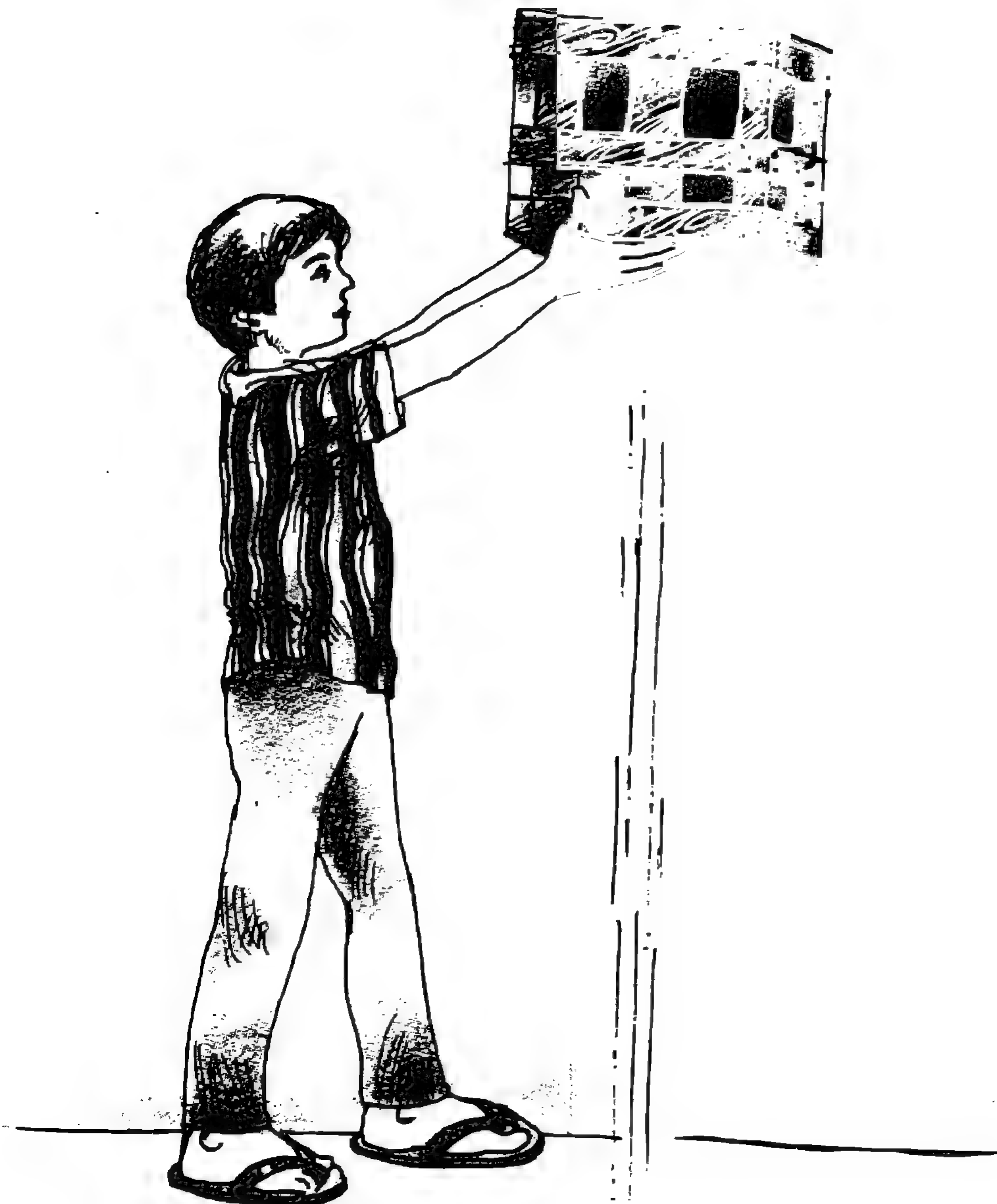
ऊर्जा हा शब्द आपल्याला परिचित आहे आणि त्याची सर्वसाधारण कल्पनाही आपल्याला असते. उदाहरणार्थ, मोटरगाडी चालवण्यासाठी लागणारे पेट्रोल आपण विकत घेतो. घरात आणि कार्यालयात आपण वीज वापरतो आणि त्यासाठी वीज पुरवठा मंडळाला बिल भरतो, जेवण बनवण्यासाठी जळाऊ वायूवर अवलंबून राहतो. खरे म्हणजे ऊर्जेचा सर्व ठिकाणी आपण एवढा वापर करतो की आपले कोणतेही काम तिच्याशिवाय होतच नाही. सदा सर्व काळ आणि सर्वत्र आपण ऊर्जा वापरतो. सकाळी उठल्यापासून रात्री झोपेपर्यंत, एवढेच नव्हे तर झोपेत असताना सुद्धा शरीराचे तापमान योग्य ठेवण्यासाठी, श्वासोच्छ्वासासाठी आपल्याला उर्जेचीच गरज असते.

अशी ही ऊर्जा म्हणजे नेमके काय? ती कोठून मिळते? तिची कोणती बरे वेगवेगळी रूपे आहेत? वेगवेगळ्या स्वरुपातील ऊर्जावापराचा वातावरणावर काय परिणाम होतो, असे प्रश्न सर्वसामान्य माणसाला पडतात. ते जाणून घेण्यासाठी काही गोळाबेरीज कल्पनेपेक्षा आपल्याला अधिक समजायला हवे. त्यासाठी भौतिक शास्त्रातील काही तत्वे आपल्याला समजून घ्यायला हवीत. तसेच ऊर्जेची अशी एक वेगळी भाषा आहे, तिच्या काही वेगळ्या संज्ञा आहेत. ती मोजण्याची, व्यक्त करण्याची काही एकके आहेत, तीही समजून घ्यायला हवीत.

कार्य

आपल्या नेहेमीच्या बोलण्यात 'कार्य' हा शब्द नेहमी येतो. अमूक एक गोष्ट होण्यासाठी "खूप कार्य करावे लागले बुवा," असे आपण सहजी बोलतो.

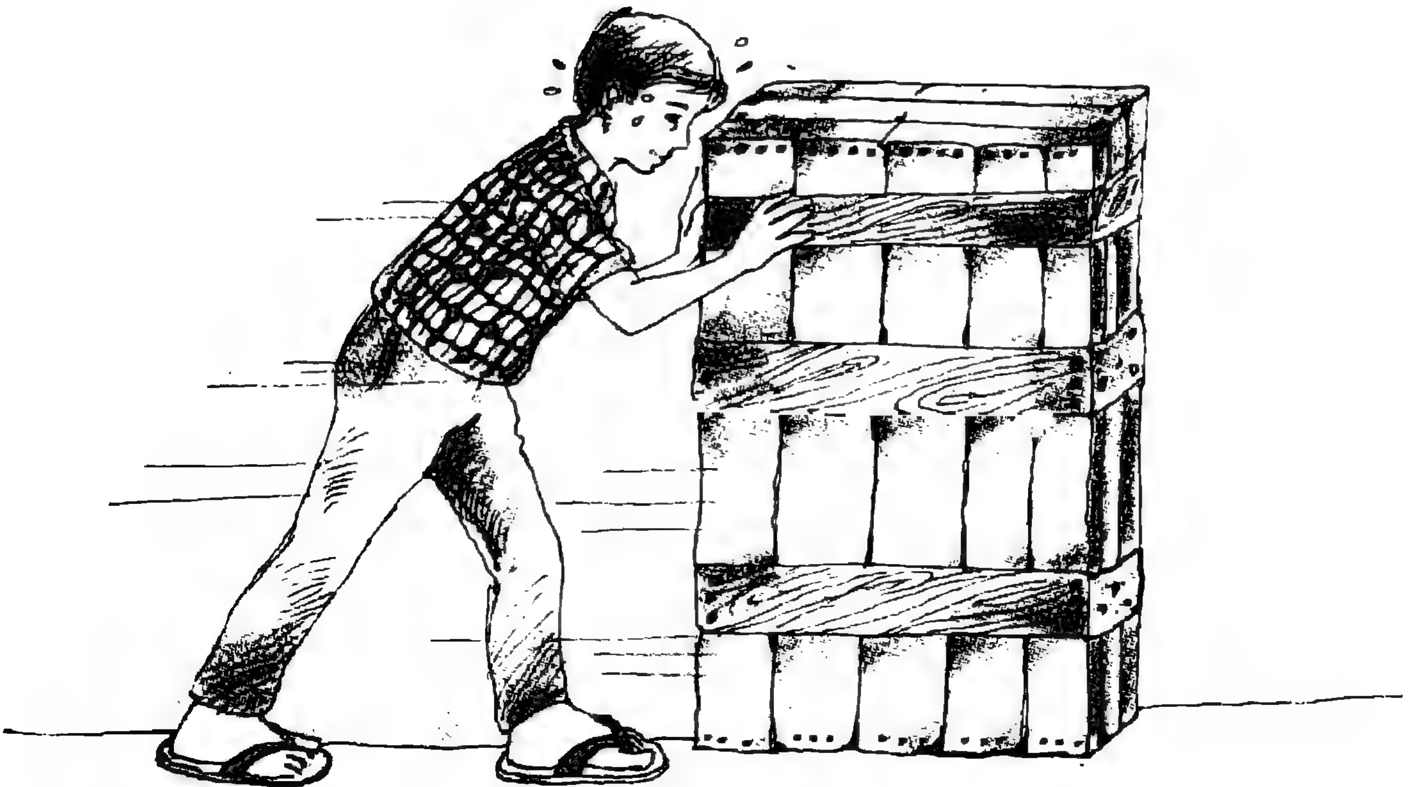




आकृती 1 : एखादी पेटी उचलून ती आपण उंच फळीवर ठेवतो तेव्हा 'कार्य' झाले म्हणायचे. याचे कारण गुरुत्वाकर्षणाचा जोर संतुलीत करण्यासाठी बल वापरावे लागते.

या ठिकाणी 'कार्य' म्हणजे आपल्याला नेमके काय म्हणायचे आहे? एखादी पेटी आपण जमिनीवरून उचलून उंच फळीवर ठेवतो, तेव्हा आपल्याला थकवा येतो. आपल्याला काही कार्य केल्याचे जाणवते. (आकृती 1) हे कसे होते? जेव्हा आपण खोक्याची पेटी वर उचलतो तेव्हा गुरुत्वाकर्षणाचे (प्रत्येक वस्तूला पृथ्वी आपल्याकडे खेचते ते) बल तिला जमिनीकडे खेचते. या गुरुत्वाकर्षणाच्या बलाविरुद्ध आपण जे काम करतो त्याला कार्य म्हणतात. प्रत्येक प्रकारच्या कार्याबाबत हीच क्रिया घडते.

कार्य घडत असताना काही विरुद्ध बलावर मात करावीच लागते. पेटी उचलण्याऐवजी खडबडीत जमिनीवर आपण ती सरकावली असे समजा. (आकृती 2) यावेळी आपण गुरुत्वाकर्षणाविरुद्ध काम करीत नाही. कारण संपूर्ण क्रियेत पेटी जमिनीवरच आहे. यावेळी जमीन आणि सरकणाऱ्या पेटीत निर्माण होणाऱ्या घर्षणाविरुद्ध आपण कार्य करीत आहोत. हे कार्य कसे मोजतात? वस्तूला किती बल लावले आणि वस्तू किती अंतर सरकली यावर कार्य किती झाले ते ठरवतात. याच उदाहरणात, पहिल्या पेटीवर आणखी एक



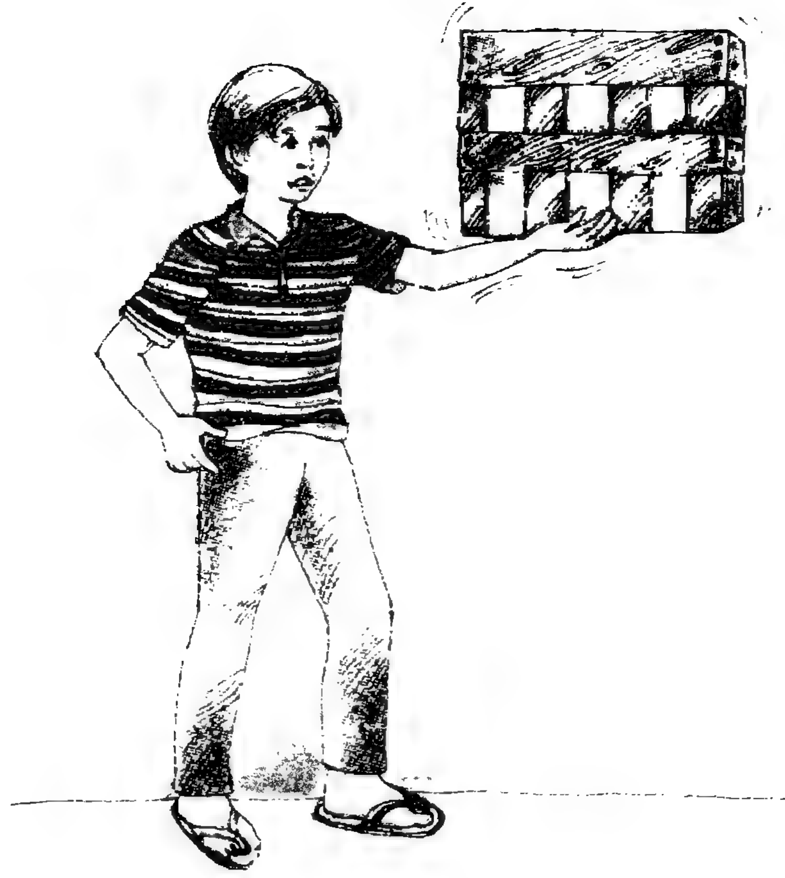
आकृती 2 : खडबडीत जमिनीवरून पेटी सरकवण्यासाठी जमिनीच्या घर्षणावर मात करावी लागते.



आकृती 3 : पहिल्या पेटीवर दुसरी पेटी ठेवली तर जास्त कार्य होते कारण दोन पेट्या सरकवण्यासाठी जास्त बल वापरावे लागते.

पेटी ठेवली आणि दोन्ही पेट्यांना तेवढ्याच अंतरातून सरकविले (आकृती-3) तर कार्य अधिक झाले, कारण जास्त बल वापरावे लागले-तसेच पेट्या सरकविण्याचे अंतर वाढविले तरीही कार्य जास्त होईल. यावरून असे म्हणता येईल की बल आणि अंतर यावर कार्य अवलंबून आहे. किंबहुना बल (ब) आणि अंतराचा (अ) गुणाकार म्हणजे कार्य (का) होय आणि ते खालील पद्धतीने व्यक्त करतात. कार्य (का) = बल (ब) X अंतर (अ)

कार्य होत असताना नेहेमीच बदल होतो का ? वरील चर्चेवरुन आपल्या असे लक्षात आले असेल की कोणताही बदल होत असताना कार्य घडते. काही वेळा हा बदल सहजी दिसणार नाही. उदाहरणार्थ (आकृती 4) मधला मुलगा कार्य करताना दिसतोय का ? तो काही कार्य करत नाही असे म्हणायचा मोह एखाद्याला होईल, कारण आकृतीवरून काही बदल होताना दिसत नाही. मुलगा एकाच ठिकाणी स्थिरपणे उभा आहे. पेटी आहे, त्याच स्थितीत आहे. ती हलत नाहीये, परंतु एखाद्याला त्याच्या लांबलेल्या हातावर कोणतीही वस्तू धरून ठेवायला सांगितली तर त्याला चटकन थकवा येतो. कारण त्यात त्याची ऊर्जा खर्च होत असते. ही ऊर्जा कशी खर्च होत असते हे तुम्ही सांगू शकाल ?



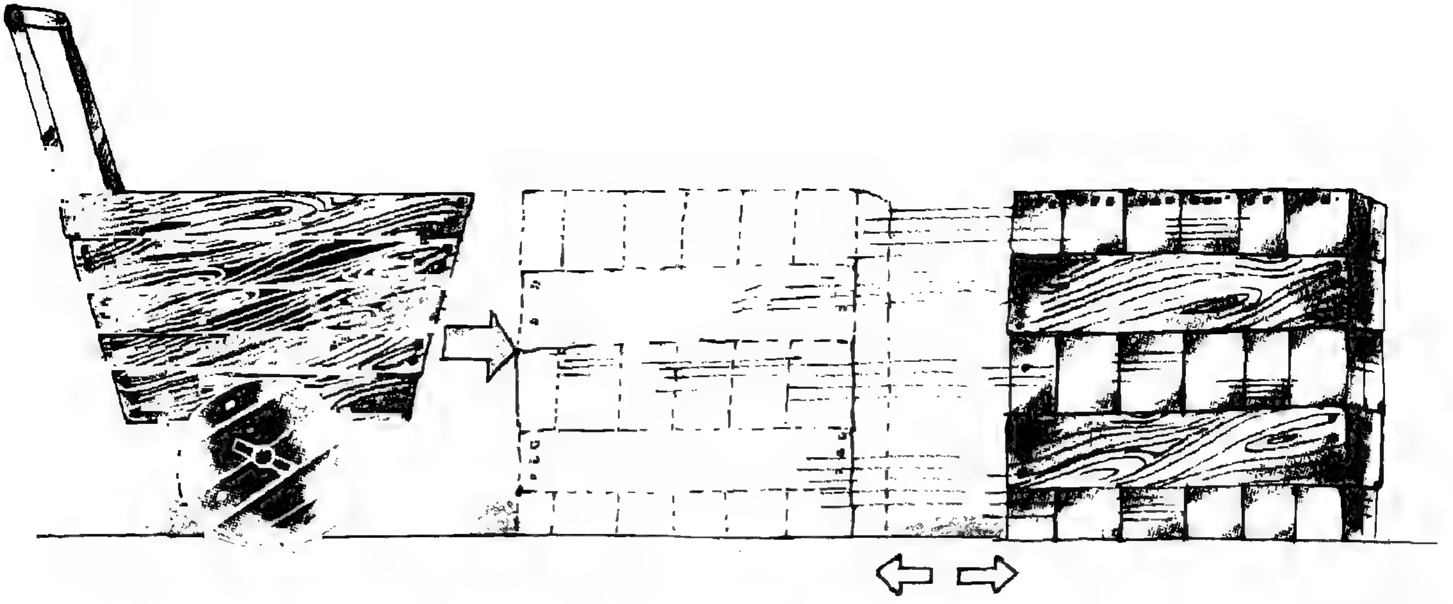
आकृती 4 : माणूस न चालता स्थिरपणे उभा राहून पण लांब केलेल्या हातावर पेटी नुसती पेलण्यानेही थकवा येतो.

ऊर्जा

कोणत्याही बलाविरुद्ध वस्तू सरकावली की कार्य होते आणि या क्रियेत ऊर्जा वापरली जाते. म्हणून आपण असे म्हणतो की दिवसभर दगदग करणाऱ्याकडे भरपूर ऊर्जा (ताकद) असायला हवी. थोडक्यात, *''कार्य करण्याची शक्ती म्हणजे ऊर्जा''* अशीही उर्जेची एक व्याख्या करता येईल.

ऊर्जेला इंग्रजीत एनर्जी म्हणतात. एनर्जी हा शब्द ग्रीक भाषेतल्या एनर्जी या शब्दातून आला आहे. एन् म्हणजे 'आत' आणि एरगॉन म्हणजे 'कार्य.'

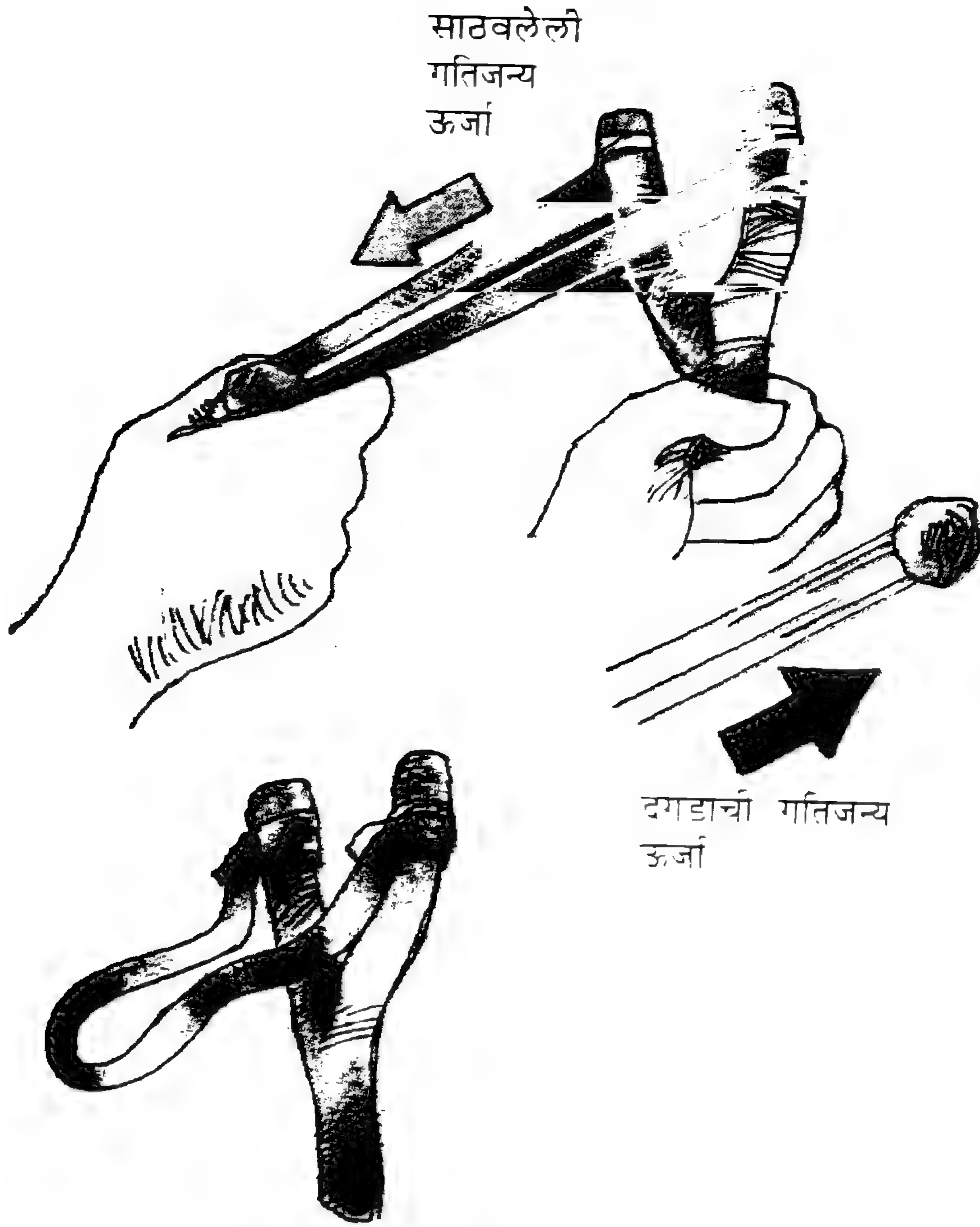
समजा एखादी ढकलगाडी स्थिर वेगाने जाताना जमिनीवर उभ्या असलेल्या एखाद्या पेटीला धडकली (आकृती 5) तर त्यामुळे ती पेटी काही अंतर (अ) पुढे सरकेल आणि नंतर जमिनीच्या घर्षण विरोधामुळे पुढे सरकायची थांबेल. घर्षणाच्या बलाविरुद्ध पेटी सरकली आणि त्यामुळे काही कार्य झाले. पेटीच्या सरकण्यामुळेही काही कार्य झाले. हे कार्य करण्यासाठी तिला सरकत्या गाडीने ऊर्जा पुरवली. एखाद्या वस्तूमध्ये त्या तिच्या गतिमुळे जी ऊर्जा निर्माण होते तिला 'गतिजन्य ऊर्जा' म्हणतात. वस्तू जेवढी जास्त जड



आकृती 5 : सरकणारी गाडी जमिनीवरील पेटीला थोडे पुढे सरकावते आणि नंतर जमिनीच्या घर्षण विरोधामुळे पुढे सरकायची थांबते.

आणि तिची गती जेवढी जास्त तेवढी गतिजन्य ऊर्जा अधिक असते. गतिजन्य ऊर्जा, वस्तूच्या वेगाच्या वर्गाच्या प्रमाणात असते. एखादी वस्तू दर सेकंदाला 16 मीटर या वेगाने फिरत असेल तर त्यातून निर्माण होणारी गतिजन्य ऊर्जा दर सेकंदाला 8 मीटर या वेगाने फिरणाऱ्या वस्तूच्या चौपट ऊर्जा निर्माण करते. दुसऱ्या शब्दात सांगायचे म्हणजे वस्तूचा वेग दुप्पट केला तर निर्माण होणारी गतिजन्य ऊर्जा चौपटीने वाढते. उदाहरणार्थ, बंदुकीतून झाडलेल्या गोळीचे वस्तुमान जास्त नसले तरी ती गोळी एखाद्या माणसाच्या शरीराला प्रचंड वेगाने भेदून आरपार जाते. एखादी वस्तू उंच उचलली तर ती आणखी वेगळ्या पद्धतीची ऊर्जा धारण करते. तिला 'स्थितिजन्य ऊर्जा' म्हणतात. रबराच्या वेटोळ्यासारखी एखादी वस्तू ताणून धरली तरी तिच्यात स्थितिजन्य ऊर्जा निर्माण होते. वस्तू एखाद्या विशिष्ट अवस्थेत आणण्यासाठी जे कार्य करावे लागते त्यामुळे त्यात ऊर्जेचा साठा निर्माण होतो. उदाहरणार्थ- घड्याळाची स्प्रिंग. एकदा पिळल्यानंतर ती सावकाश उलगडत रहाते आणि त्यामुळे घड्याळाची यंत्रणा कित्येक तास चालू रहाते. पिळलेल्या स्प्रिंगमध्ये ऊर्जा साठवली गेली. स्प्रिंग पिळल्यामुळे कार्य घडले.

मुले पक्षी मारण्यासाठी किंवा एखादी वस्तू टिपण्यासाठी रबराची गलोल वापरतात. तिचा आता आपण विचार करु. गलोलीचे रबर ताणून जेव्हा आपण एकदम सोडतो तेव्हा त्यात धरलेला खडा वेगाने आणि खूप दूरवर जातो. (आकृती 6) हे असे का होते माहीत आहे? रबर ताणण्यासाठी काही कार्य



आकृती ६ : गलोलीचे रबर ताणून ते एकदम सोडल्यावर, स्थितिजन्य ऊर्जेचे गतिजन्य ऊर्जेत रुपांतर झाल्याने गलोलीत धरलेला खडा वेगाने आणि दूरवर फेकला जातो.

करावे लागते. त्यामुळे ताणलेल्या रबरात ऊर्जा साठवली जाते. हे ताणलेले रबर जेव्हा आपण सोडतो तेव्हा त्यात साठवलेल्या (स्थितिजन्य) ऊर्जेचे रुपांतर गतिजन्य ऊर्जेत होते आणि त्यामुळेच गलोलीत धरलेला खडा वेगाने दूरवर जातो.

आतापर्यंत आपण स्थितिजन्य आणि गतिजन्य असे ऊर्जेचे दोन प्रकार पाहिले. त्यांचे अन्य प्रकारे सुद्धा स्पष्टीकरण देता येते.

प्रत्येक पदार्थाच्या अणुरेणुत गतिचे एक सातत्य असते. त्यामुळे वस्तू स्वत: जरी फिरत नसली तरी अणुरेणुंच्या हालचालीमुळे तिच्यात स्वत:ची अशी एक

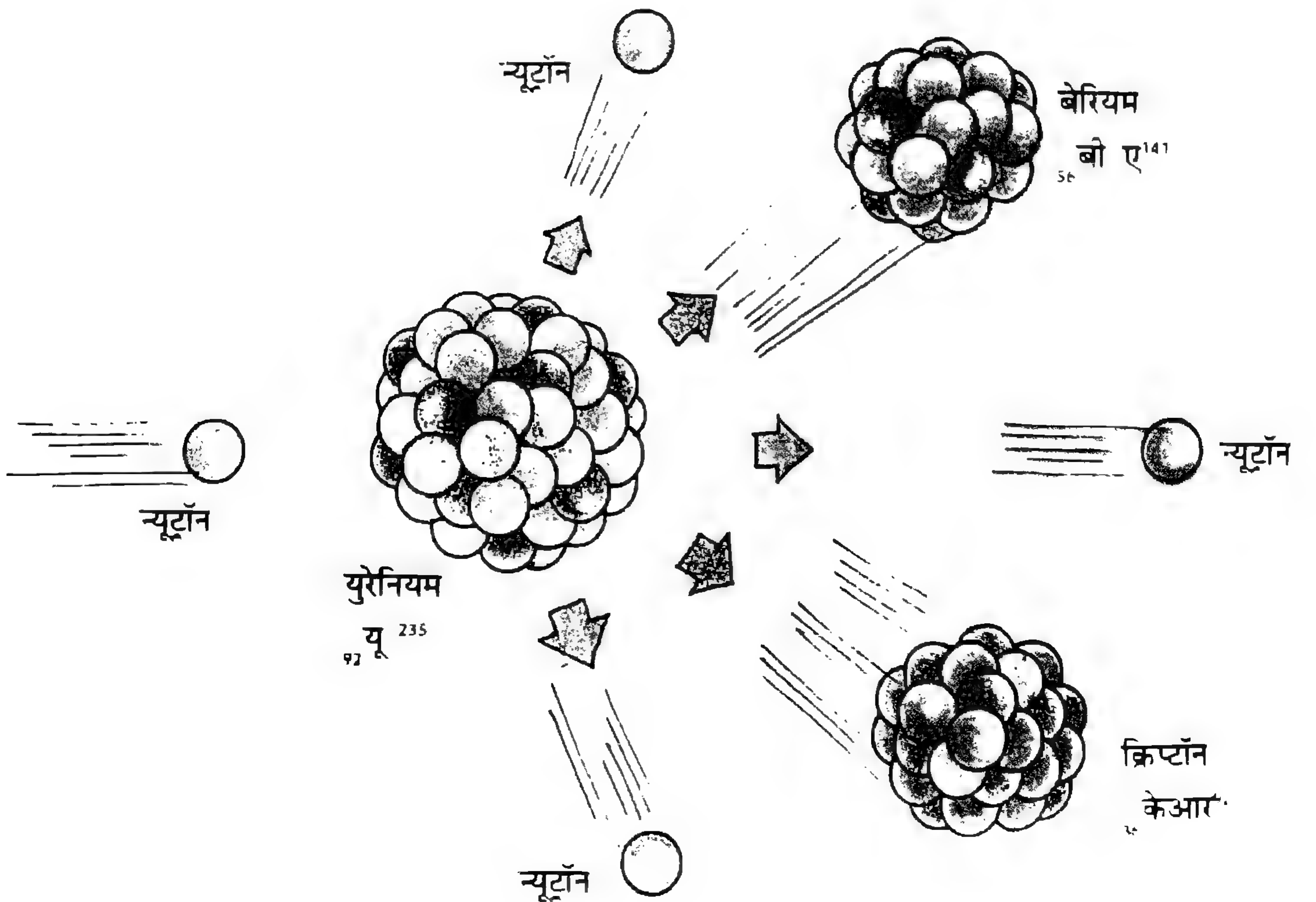


आकृती 7 : धातूची एखादी वस्तू हातोड्याने वारंवार ठोकली तर वस्तूत निर्माण झालेल्या औष्णिक ऊर्जेमुळे वस्तू गरम होते.

अंतर्गत गतिजन्य ऊर्जा अथवा औष्णिक ऊर्जा असते. वस्तुतील या अणुरेणुंच्या हालचालीस ऊर्जा म्हणता येईल. एखाद्या धातूच्या वस्तूला उष्णता दिल्यानेही तिच्यातील औष्णिक उर्जेत बदल घडवून आणता येतो. धातूची वस्तू एखाद्या हातोड्याने वारंवार ठोकली तर तिच्यातील अणूंची फार वेगाने हालचाल होऊन औष्णिक ऊर्जा वाढते. परिणामी वस्तू गरम होते. (आकृती 7)

ध्वनीमुळे हवेचे एका ठिकाणचे रेणू आपल्या जवळच्या दुसऱ्या रेणूंना गती प्राप्त करुन देतात, तेव्हा ध्वनी एका ठिकाणाहून दुसरीकडे जातो. त्यामुळे ध्वनी हा गतिजन्य ऊर्जेचा एक प्रकार आहे असे म्हणायला हरकत नाही. एखादे वाद्य (ध्वनीचा स्त्रोत) जेव्हा आपण वाजवायचे थांबवतो तेव्हा ध्वनी ऊर्जा नष्ट झालेली नसते, तर ती तेथील हवेच्या रेणूंनी शोषून घेतलेली असते आणि त्यामुळे तिचे उष्णतेत रुपांतर होते.

एखाद्या पदार्थात जेव्हा रासायनिक बदल होतो तेव्हा त्यातील अणूंची पुनर्रचना होऊन रेणू एका नव्या रचनेत येतात. त्यामुळे त्यातील ऊर्जेत काही बदल होतो. उदाहरणार्थ, जेव्हा पेट्रोलचे ज्वलन होते अथवा दारुचा स्फोट होतो तेव्हा स्थितिजन्य ऊर्जेचे औष्णिक अथवा गतिजन्य ऊर्जेत रुपांतर होते. त्याचप्रमाणे एखाद्या भंजन प्रक्रियेत जेव्हा न्यूट्रॉन आणि प्रोटॉन नवीन केंद्रक तयार करतात तेव्हाही ऊर्जाबदल झालेला असतो. (आकृती 8) रेणूंना एकत्र बांधून ठेवणाऱ्या विद्युत बलापेक्षा केंद्रक एकत्र बांधून ठेवणारे आण्विक बल खूप जास्त असते हे येथे लक्षात घेण्यासारखे आहे. त्यामुळे केंद्रकाची पुनर्रचना होतानाच्या प्रक्रियेतून खूप जास्त ऊर्जा निर्माण होते. उदाहरणार्थ, 1 ग्रॅम मिथेनच्या ऑक्सिडेशनमध्ये 55,000 जूल ऊर्जा निर्माण होते. परंतु एक ग्रॅम युरेनिअमचे जेव्हा भंजन होते तेव्हा त्यातील प्रत्येक केंद्रक 8,000 कोटी जूल ऊर्जा निर्माण करते. ही ऊर्जा पहिल्याच्या तुलनेत 10 लाखपट जास्त आहे.



आकृती 8 : अणुभंजनात यूरेनियमचे केंद्रक फोडून जेव्हा न्यूट्रॉन नवीन केंद्रक निर्माण करतात तेव्हा त्यातून प्रचंड ऊर्जा बाहेर पडते.

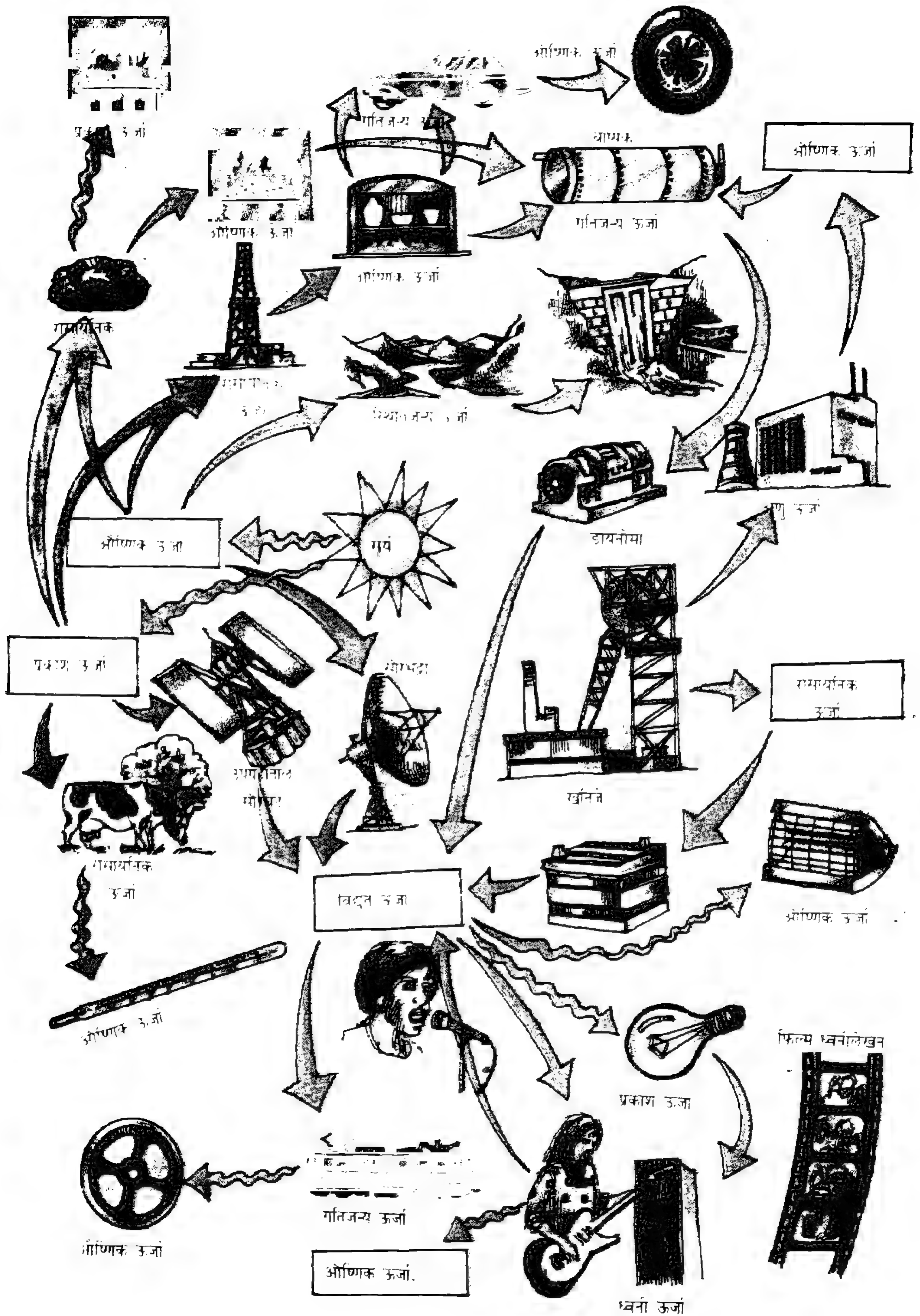
थोडक्यात भंजन पद्धतीत फार अरूप पदार्थातून प्रचंड ऊर्जा निर्माण होते. त्यामुळे जगभरातील अणुवीज केंद्रे याच तत्वावर चालतात.

ऊर्जेचे स्थित्यंतर

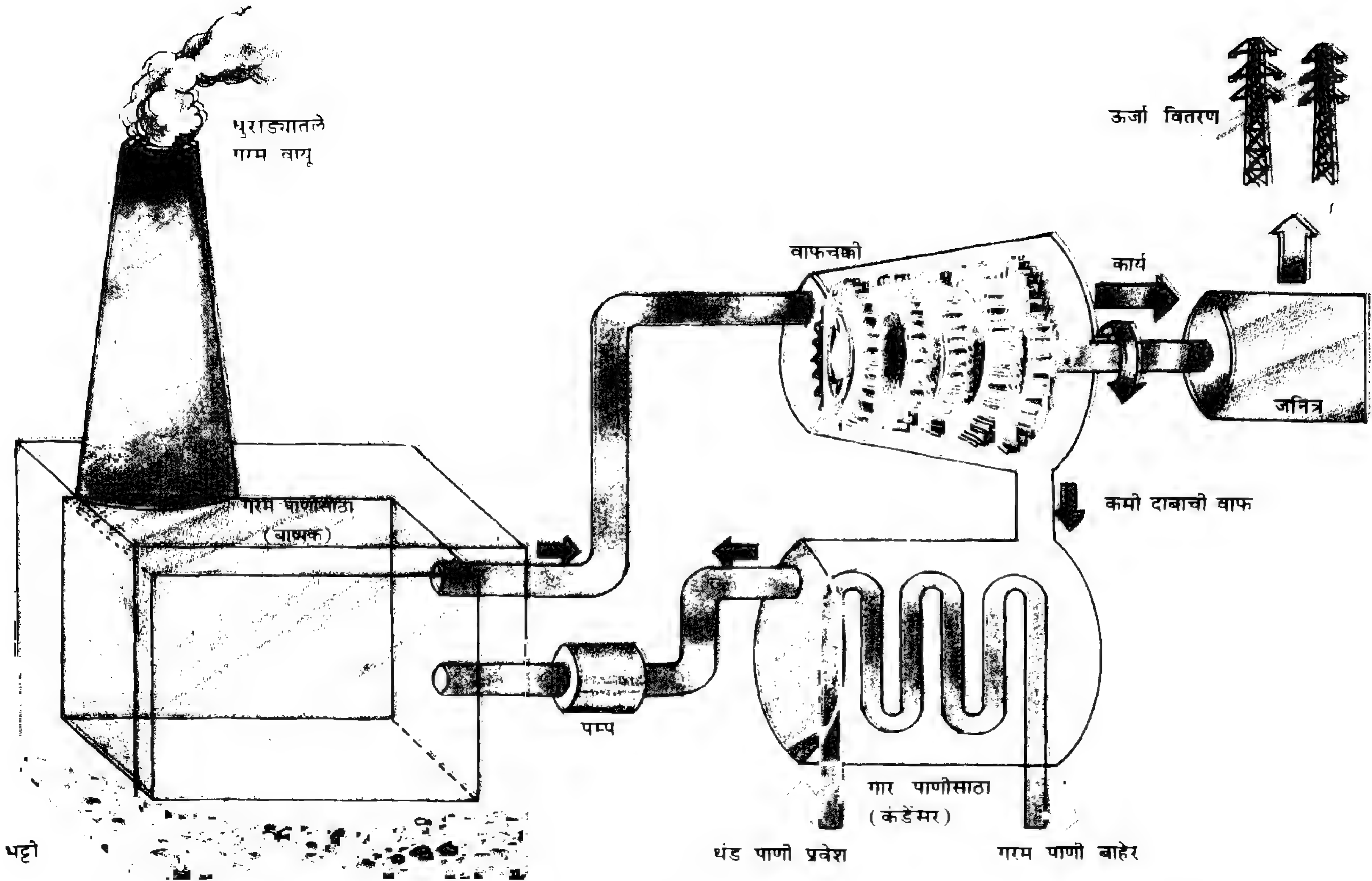
आपण आतापर्यंत पाहिले आहे की ऊर्जा अनेक रुपात असते. तिचे एकातून दुसऱ्यात रूपांतर होऊ शकते. तरीही जगातली एकूण ऊर्जा आहे तेवढीच आहे. तिच्यात वाढ होत नाही की घट ! ती नव्याने निर्माण करता येत नाही की नष्टही करता येत नाही. ऊर्जेच्या रूपांतराचा उपयोग आपण रोजच्या जीवनात हरघडी करतो. (आकृती 9) खरे म्हणजे आपल्या भोवती रोज जे घडते किंवा आपण पहातो ते म्हणज़े ऊर्जेची रूपांतरे. एकातून दुसऱ्याचे अथवा एका स्थितीतून दुसऱ्या स्थितीत, उदाहरणार्थ घरात जेव्हा आपण विजेचा दिवा लावण्यासाठी बटण दाबतो तेव्हा प्रथम वीज उत्पादन केंद्रापासून वीज आपल्या घरापर्यंत येते. नंतर बव्हंशी विद्युत ऊर्जेचे औष्णिक ऊर्जेत रूपांतर होते. आणि थोड्या ऊर्जेचे प्रकाशात रूपांतर होते. या प्रकाशाचे पुढे काय होते ? तो नष्ट होत नाही. घरांच्या भिंती, छत, जमीन आणि इतर वस्तू हा प्रकाश शोषून घेतात आणि त्याचे उष्णतेत रूपांतर करतात.

आपण जेव्हा मोटर गाडी चालवतो तेव्हा काय होते ? पेट्रोलची वाफ आणि हवा यांच्या स्फोटक मिश्रणात दडलेली रासायनिक ऊर्जा ठिणगीच्या सहाय्याने पेट घेते आणि तिचे रूपांतर औष्णिक ऊर्जेत होते. या ऊर्जेचा काही भाग इंजिनमधील पिस्टनाला यांत्रिक ऊर्जा पुरवतो. पिस्टनमधील ही ऊर्जा गाडीचा आस फिरवते. शेवटी ती गाडीच्या चाकापर्यंत पोहोचून चाके फिरतात.

कोळसा, तेल अथवा वायूसारख्या खनिज इंधनात रासायनिक ऊर्जा साठवलेली असते. वीज निर्मिती केंद्रात ही औष्णिक ऊर्जेत ही इंधने जाळल्यानंतर त्यातील रासायनिक ऊर्जेचे रूपांतर औष्णिक ऊर्जेत होते आणि ती बाष्पकात साठवली जाते. ही औष्णिक ऊर्जा पाण्याचे रूपांतर वाफेत करते. वाफेत साठवलेल्या औष्णिक ऊर्जेच्या काही भागाचे रूपांतर वाफचक्कीमध्ये यांत्रिक ऊर्जेत होते. यानंतर या यांत्रिक ऊर्जेचे रूपांतर जनित्राद्वारे विद्युत ऊर्जेत होते. (आकृती 10) वीज वाहक तारांच्या माध्यमातून



आकृती 9 : ऊर्जा विविध स्वरुपात असते. घरगुती आणि औद्योगिक उपयोगासाठी तिचे एकातून दुसऱ्यात रूपांतर करता येते.



आकृती 10 : वीज निर्मिती केंद्रात, भट्टीतील उष्णता पाण्याचे वाफेत रूपांतर करते. वाफेमुळे वाफचक्की आणि वाफचक्कीमुळे जनित्र फिरुन वीजनिर्मिती होते.

जनित्रातील वीज घराघरात आणि कारखान्यात पोहोचवली जाते. तेथे तिचा प्रत्यक्ष उपयोग होतो.

चराचर सृष्टीतल्या सर्व जैविक क्रिया म्हणजेसुद्धा ऊर्जेचीच रूपांतरे आहेत असे म्हणता येईल. मनुष्य शरीरातील अन्नपचन ही एक गुंतागुंतीची प्रक्रिया आहे. अन्नातील रासायनिक ऊर्जेचे रूपांतर उष्णतेत झाल्याने आपले शरीर कोमट रहाते आणि यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतर झाल्याने शरीराची हालचाल होऊन आपल्याला काम करता येते. या दोन्हीच्या मिश्रणातून शरीरातील अन्नपचन होते. शिवाय विद्युत ऊर्जेत रूपांतर झाल्याने मज्जातंतुमार्फत संपूर्ण शरीरभर संदेशवहन होते.

शक्ती

शक्ती ऊर्जेत एका स्वरूपातून दुसऱ्या स्वरूपात रूपांतर करण्याची प्रक्रिया किती चटकन होते हे पाहणेही महत्वाचे असते. दोन माणसे स्वतंत्रपणे एकेक पेटी जमिनीवरून उचलून एखाद्या फळीवर ठेवत असताना दोघेही सारखेच काम करीत असतात. यातील एक माणूस हे काम चटकन करतो तर दुसरा सावकाश करतो. दोघांनी केलेले काम सारखेच असले त्यानी वापरलेली शक्ती मात्र वेगवेगळी असते. जलद काम करणारा माणूस सावकाश काम करणाऱ्या माणसाच्या तुलनेत आपल्या शरीरातील रासायनिक ऊर्जेचे कार्यात चटकन रूपांतर करतो.

ज्या वेगाने कार्य होते अथवा ऊर्जा वापरली जाते अथवा पुरवली जाते त्याला शक्ती म्हणतात. त्यासाठी केलेल्या कार्याला अथवा वापरलेल्या ऊर्जेला अथवा ऊर्जा पुरवठ्याला ती प्रक्रिया होण्यास लागलेल्या वेळेने भागले तर शक्तीचा वेग मिळवता येईल. ऊर्जा अथवा कार्य 'जूल' (जे) या परिमाणात आणि वेळ सेकंदात (एस्) मोजतात. शक्तीचे परिमाण "प्रति सेकंदाला (किती) जूल" असे असते. या परिमाणाला 'वॉट' असे स्वतंत्र नाव आहे. म्हणून 1 वॉट = 1/जूल / 1 सेकंद म्हणजेच 60 वॉटचा दिवा दर सेकंदाला 60 जूल एवढी विद्युत ऊर्जा खर्च करतो (60 जूल प्रति सेकंद). शक्ती जेव्हा मोठ्या प्रमाणावर वापरली जाते तेव्हा खालील परिमाणे वापरतात :

1,000 वॉट = 1 किलो वॉट = 1 किलो वॉट
1000,000 वॉट = 1 मेगा वॉट = 1 मेगा वॉट
1000,000,000 वॉट = 1 गिगा वॉट = 1 गिगा वॉट
1000,000,000,000 वॉट = 1 टेरा वॉट = 1 टेरा वॉट

शक्तिसाठी व्यवहारात नेहमी वापरले जाणारे आणखी एक परिमाण म्हणजे अश्वशक्ती. कोणताही, एखाद्या घोडा साधारणत: जेवढे काम करतो त्यावरुन हे परिमाण प्रचारात आले आहे. तेवढी ही शक्ति मानून त्याचे वॉटशी नाते खालील प्रमाणे असते.

1 अश्वशक्ती = 746 वॉट = 3/4 किलो वॉट (अंदाजे)

ऊर्जेचे व्यापारी परिमाण किलो वॉट तास (कि. वॉ. ता.) असे असून विजेच्या बिलावर आपल्याला ते पहायला मिळते. एक किलोवॉट शक्ती तासभर वापरल्याने जेवढी ऊर्जा खर्च होते त्यास एक किलोवॉटतास ऊर्जा असे म्हणतात. एक किलोवॉटतास म्हणजे 3.6 दशलक्ष जूल.

ऊर्जेची परिमाणे आणि रूपांतरे

ऊर्जा मोजण्याचे मेट्रिक पद्धतीतील परिमाण म्हणजे जूल. पण याशिवाय सुद्धा काही परिमाणे अनेकदा वापरली जातात. विद्युत ऊर्जा व्यक्त करण्यासाठी किलोवॉटतास वापरले जातात. एक ग्रॅम पाण्याचे तापमान एक अंश सेल्सिअसने वाढवण्यासाठी जेवढी औष्णिक ऊर्जा पाण्याला पुरवावी लागते त्याला 'कॅलरी' म्हणतात. कॅलरी हे परिमाण उष्णता मोजण्यासाठी वापरतात. एखाद्या खाद्य पदार्थात किती ऊर्जा असते तेही 'कॅलरी' या परिमाणातच व्यक्त करतात. रोज आपण जेवढे अन्न खातो त्यातून आपल्याला 3,000 ते 4,000 किलो कॅलरी म्हणजेच 16,000 किलो जूल एवढी ऊर्जा मिळते. आपल्या शरीराचे वजन आणि आपण करीत असलेले कार्य यावर आपली अन्नाची गरज अवलंबून असते . हृदयाला रक्त पुरवठा करण्यासाठी नाडीच्या प्रत्येक ठोक्यागणिक एक जूल एवढी ऊर्जा लागते. चहाचा एक कप बनवण्यासाठी 75,000 जूल ऊर्जा लागते; तर एक लिटर पेट्रोल जाळल्यावर त्यापासून 37 दशलक्ष जूल ऊर्जा मिळते.

तक्ता -1
विविध कार्यासाठी लागणारी ऊर्जा
(किलो कॅलरी/तास)

हल्के काम		*मध्यम काम*	
बैठे	19	जोडे बनवणे	80–115
कारकुनी	20	केर काढणे	85–110
आरामशीर पण उभ्याने	20	कपडे झटकणे	110
टंकलेखन	16–40	कपडे धुणे	125–215
जलद टंकलेखन	55	कोळसा जाळणे	80–160
शिवण काम	30–90	धातू काम	120–140
कपडे अंगावर घालणे/काढणे	33	सुतार काम	150–180
चित्र काढणे	40–50	घराचे रंगकाम	145–160
शिळेवरील छपाई	40–50	चालणे	130–240
व्हायोलिन वादन	40–50		
यांत्रिक शिलाई	50–85		
इस्त्री काम	60		
कपबशा धुणे, भांडी घासणे	60		
पुस्तक बांधणी	45–90		

कष्टाचे काम		*अति कष्टाचे काम*	
झिलई काम	175	दगडी बांधकाम	350
सांधे जोडकाम	195	लाकूड कापणे	420
लोहार काम	275–350	कोळशाचे खाणकाम	
खिळे बनवणे	275	(दर पाळीत सरासरीने)	320
कवायत	280–400	पळणे	800–1000
सायकल चालवणे	180–600	डोंगर चढणे	400–900
नाव वल्हवणे	120–600	जलद चालणे	570
पोहणे	200–700	नाव जलद वल्हवणे	1240
		जलद पळणे	1240
		बर्फावरील खेळ	500–950
		कुस्ती खेळणे	1000
		जिना चढणे	1000

संदर्भ : मॅन अँड फूड ; मॅग्रस पायके 1970, मॅक्ग्रॉ हिल, पृ. 100.

ऊर्जेचे पारंपरिक स्त्रोत

इतिहास काळापासून माणसाचे ऊर्जा मिळवण्याचे प्रमुख साधन म्हणजे लाकूड होय. एकोणिसाव्या शतकाच्या मध्यापर्यंतही माणूस प्रामुख्याने लाकडावरच अवलंबून होता. लाकूड माणसाने जंगलातून मिळवले. शेकोटीसाठी आणि अन्न शिजवण्यासाठो तो लाकूड वापरत असे. लाकूड आणि शेतीतून शिल्लक राहिलेल्या टाकाऊ गोष्टी (तुसे, ढलप्या, काडीत-कचरा) ह्याच अजूनपर्यंत ग्रामीण भागात जळणासाठी वापरल्या जातात. (आकृती 11) भारतात दरवर्षी 16 दशलक्ष टन लाकूड जाळण्यासाठी वापरले जाते. पारंपरिकरित्या वापरले जाणारे दुसऱ्या क्रमांकाचे जळण म्हणजे शेणापासून बनवलेल्या गवऱ्या. त्यामुळे



आकृती 11 : शेकोटी आणि जेवण बनवण्यासाठी कित्येक शतकापासून जळाऊ लाकूड वापरले जात आहे.

शेण वाळल्यावर हा काडी कचरा भुर्रकन जळून जातो. भारतात दरवर्षी 5 दशलक्ष टन गवऱ्या जाळण्यासाठी वापरतात. लाकूड आणि गवऱ्यांचा एक तोटा म्हणजे ते जाळल्यावर होणारा धूर. या उलट, लाकूड कमी हवेत जाळून बनविलेल्या कोळशाने धूर खूप कमी होतो. म्हणून तौलनिक दृष्ट्या कोळसा जाळायला चांगला. गेल्या काही वर्षांपर्यंत शहरी भागात कोळसाच जाळला जाई. आता मात्र रॉकेल आणि स्वयंपाकाचा गॅस आल्याने त्यांनी कोळशाची जागा घेतली आहे.

एकोणिसाव्या शतकाच्या मध्यावर युरोपात औद्योगिक क्रांती झाली त्यावेळी ऊर्जेच्या वाढत्या मागणीला तोंड देण्यासाठी दुसरी जळणे शोधण्यासाठी गरज निर्माण झाली. कोळसा, खनिज तेल आणि नैसार्गिक वायू यांच्या एकामागोमाग लागलेल्या शोधांनी ती मागणी पुरी झाली. या गोष्टी आजचे प्रमुख ऊर्जा स्त्रोत झाले आहेत. पृथ्वीच्या जडणघडणीत झाडे, शैवाल वनस्पती, समुद्रातले जलचर प्राणी जमिनीखाली गाडले जातात. त्यावर निसर्गात लाखो वर्षांची विघटन प्रक्रिया होते आणि त्यातून कोळसा, तेल आणि नैसर्गिक वायूची निर्मिती होते. ही इंधने मिळवण्यासाठी जमिनीत खाण बनवायला लागते. म्हणून यांना 'खनिज इंधने' म्हणतात: सध्या ही इंधने आपण फार मोठ्या प्रमाणात वापरत आहोत. भूशास्त्रज्ञांना जरी रोज खनिज इंधनाच्या नव्या क्षेत्रांचा शोध लागत असला तरी अशी क्षेत्रे फार नाहीत. नैसर्गिक प्रक्रियेमधून ही इंधने तयार व्हायला लाखो वर्षे लागत असल्याने त्यांना पुन्हा पुन्हा तयार न होणारी इंधने अथवा अपुनरुज्जीवित 'इंधने' असे म्हणतात.

खनिज इंधनांची जडणघडण

जैविक गोष्टींच्या विघटनातून कोळसा, तेल आणि नैसर्गिक वायूची निर्मिती होते. मृत झाडांच्या विघटनासून कोळसा तयार होतो. कोळशात प्रामुख्याने कार्बन, हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन असतो. कोरड्या जमिनीवर झाडांचे अवशेष जेव्हा कुजतात तेव्हा त्यावर वातावरणातील ऑक्सिजनच्या सान्निध्यात सूक्ष्म जंतूंची प्रक्रिया होते आणि त्यातून कार्बन-डाय-ऑक्साईड आणि पाणी तयार होते. या उलट जेथे जमिनीला ओलावा असतो किंवा मृत झाडांवर वरून

पाणी पडते तेव्हा झाडपाला वातावरणातल्या हवेच्या सान्निध्यात येत नाही, त्यामुळे त्याचे ज्वलन तर होत नाहीच, उलट सूक्ष्मजीवजंतू झाडपाल्यावर हल्ला करतात. या जीवजंतूंना जगण्यासाठी ऑक्सिजनची गरज नसते. या प्रक्रियेत झाडपाल्यातील ऑक्सिजन आणि हायड्रोजन हळूहळू हवेत उडून जातो आणि शिल्लक राहिलेल्या भागात कार्बनचे प्रमाण वाढत जाते. या सूक्ष्मजंतूंच्या प्रक्रियेतून शेवटी ओलसर आणि कार्बनचे भरपूर प्रमाण असलेला पदार्थ शिल्लक रहातो. त्याला कुजलेल्या झाडांचे इंधन असे म्हणतात.

कालांतराने (पीट) या कुजलेल्या झाडांवर माती, चिखल जमा होते. त्यामुळे ही झाडे दाबली जातात. जमिनीतील अंतर्गत उष्णतेमुळे आतले वायू बाहेरच्या वातावरणात निघून जातात आणि जमिनीखालचे कार्बनचे प्रमाण वाढत जाते. त्यातून या कुजलेल्या झाडाचे रुपांतर दगडी कोळसा, डांबरी कोळसा आणि 'धूरहीन' कोळशात होते. दगडी कोळशात आणि डांबरी कोळशात ज्वलनशील वायू असल्याने ते लवकर पेटतात. पण जळताना त्यांचा धूर होतो. या उलट धूरहीन कोळशात ज्वलनशील वायूंचे प्रमाण कमी असल्याने तो लवकर पेटत नाही, पण तो जळतांना त्याचा धूर कमी होतो.

या उलट तेल आणि नैसार्गिक वायू समुद्रातील जलचर आणि शैवाल वनस्पतीपासून बनतात. या गोष्टी मरतात आणि समुद्राच्या तळाशी जाऊन साठतात. समुद्राच्या तळाचे पाणी स्थिर असते. त्यावर लाटा नसतात. त्यामुळे अशा पाण्यात साचलेल्या मृत जलचर प्राण्यांचा आणि मृत शैवाल वनस्पतींचा ऑक्सिजनशी संबंध येत नाही. कोळसा बनण्याच्या प्रक्रियेसारखेच मृत जलचर आणि शैवाल वनस्पतींचे 'अनानिलवानू' पध्दतीच्या सूक्ष्मजंतूमुळे विघटन होते. हे होत असताना ऑक्सिजन, नायट्रोजन आणि इतर वायू हवेत उडून जातात आणि फक्त कार्बन आणि हायड्रोजन शिल्लक रहातात. त्याला हायड्रोकार्बन म्हणतात. त्यावरच्या मातीच्या थरामुळे हे हायड्रोकार्बन दबले जातात. जमिनीच्या अंतर्गत उष्णतेमुळे हायड्रोकार्बनचे द्रवरुप तेलात रुपांतर होते. आणि नैसार्गिक वायूचे बुडबुडे तयार होतात. जमिनीवरचे मातीचे थर जसे वाढत जातात तसा जमिनीखालील तेलावरचा दाब वाढतो आणि जमिनीखालचे तेल आणि नैसार्गिक वायू जवळच्या वाळवंटातून आणि वालुकामय दगडातून

उफाळून बाहेर पडतात. हळूहळू हे तेल आणि वायू या पध्दतीने जमिनीवर येतात किंवा जमिनीखालच्या मृत्तिका खडकांच्या कपारीतून अडकतात. जमिनीखाली तेल आणि पाणी एकत्र असते. पाण्याचे रेणू वाळूला चिकटून जमिनीतच रहातात पण तेलाचे रेणू मात्र वाळूला चिकटत नसल्याने त्यांना अलग करणे शक्य होते. दगडाच्या कपारीत तेल खाली साठते आणि नैसर्गिक वायू त्यांच्या वर असतो.

खनिज इंधनाचा पुरवठा

खनिज इंधनात कोळशाचे साठे विपुल आहेत. सध्याच्या अंदाजाप्रमाणे जगात 7.64 लाख कोटी टन (7.64×10^{12}) एवढा कोळसा आहे. पैकी 0.9 लाख कोटी टन (0.9×10^{12}) कोळसा सध्या ज्ञात असलेल्या तंत्रज्ञानाच्या आधारे खणून काढता येईल. जगातील कोळशाच्या एकूण साठ्यापैकी 60 टक्के साठा अमेरिकेत आहे. आशिया खंडात 9 टक्के साठे आहेत. जगात बनणाऱ्या एकूण विजेपैकी 44 टक्के वीज कोळशावर बनते. तर 75 टक्के पोलाद उत्पादनात तो वापरला जातो. भारताच्या ऊर्जा स्त्रोतात पूर्वी आणि आताही कोळशाला सर्वात अधिक महत्व आहे. भारतीय भूशास्त्र सर्वेक्षण संस्थेने जानेवारी 1992 मध्ये केलेल्या पाहणीनुसार भारतात 1200 मीटर खोलीपर्यंत 19602.2 कोटी टन (19.602×10^{10}) एवढा कोळशाचा साठा आहे.

याउलट खनिज तेल जलचर प्राण्यांपासून मिळत असल्याने ते देशी-परदेशी समुद्रात आणि समुद्रकिनाऱ्याला मिळते. आज जेथे जमिनीखाली तेल मिळते त्या जमिनीवर एके काळी पाणी होते. कोळसा शोधणे जेवढे सोपे आहे तेवढ्या सहजी तेलाचा शोध घेता येत नाही. तेलाचे साठे फार दूरवर पसरलेले नसतात. त्यांची बेटे असतात. जेथे तेल आहे असे वाटते तेथेही खणल्यावर तेल मिळेलच याची खात्री नसते. त्यामुळे तेलाचे नक्की साठे किती आहेत याचा अंदाज भूशास्त्रज्ञांनाही अचूकपणे अजून वर्तवता आला नाही.

कोळशावरील प्रक्रिया

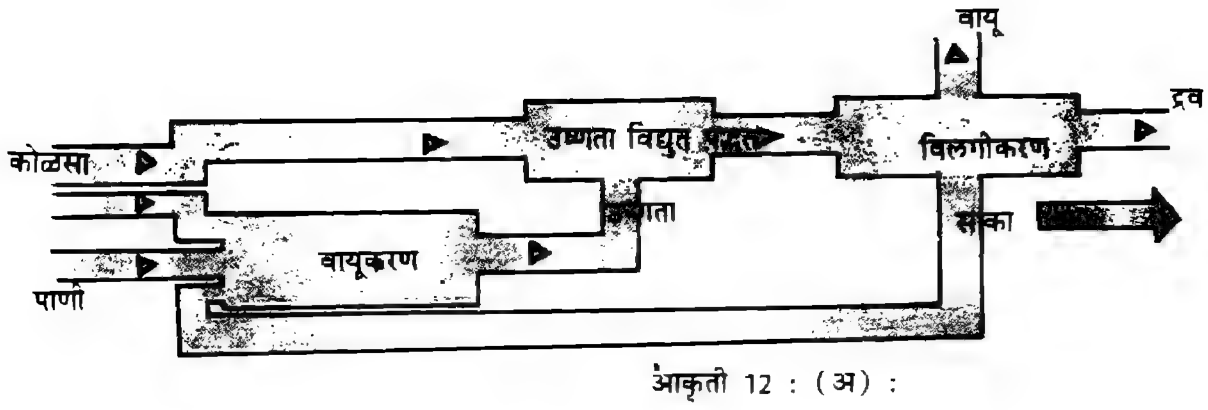
कोळशात प्रामुख्याने शुध्द कार्बन असतो. तो प्रामुख्याने जाळण्यासाठी इंधन

म्हणून वापरतात. कोळसा जळत असताना हवेतील ऑक्सिजनशी त्याचा संयोग होऊन कार्बन-डाय-ऑक्साईड वायू तयार होतो, तो बाह्य उष्णतेच्या पध्दतीने. या प्रक्रियेत प्रत्येक किलोग्रॅम कोळशाच्या ज्वलनातून 7840 किलो कॅलरी उष्णता बाहेर पडते. धूरहीन कोळशात कार्बनचे प्रमाण 98 टक्के असते. तर दगडी कोळशात 32 टक्के. कोळसा जळत असताना बरीच राख उडते. सल्फर-डाय-ऑक्सॉईड आणि इतर दुर्गंधीयुक्त वायू बाहेर पडतात. त्यामुळे हवेचे प्रदूषण होते. यासाठी साध्या कोळशापासून दगडी कोळसा बनवतात. कोळशाचा भुगा निर्वात अवस्थेत तापवल्याने त्यातील ज्वलनशील वायू उडून जातात. अधिक उष्णतेसाठी आणि लोखंड बनवण्याच्या प्रक्रियेत 'क्षपणक' म्हणून दगडी कोळशाचा उपयोग होतो.

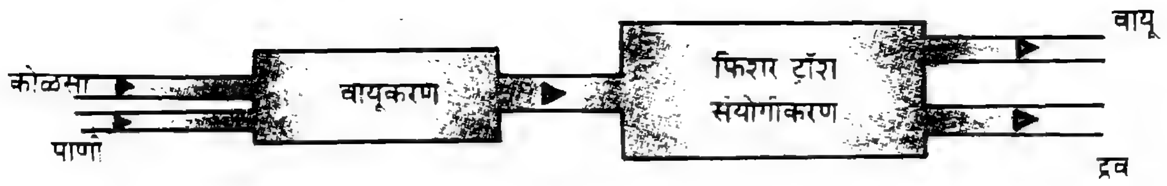
खनिज तेलापासून बनणाऱ्या द्रवरूप आणि वायूरूप इंधनासारखी इंधने कोळशापासूनही बनवता येतात. मात्र कोळशात कार्बनचे प्रमाण भरपूर आणि हायड्रोजनचे प्रमाण खूप कमी असते हे लक्षात घेऊन कोळशाचे द्रव आणि वायूरूप इंधनात रुपांतर करतांना यावर आधारित प्रक्रिया करावी लागते. याउलट खनिज तेल आणि द्रवरुप पेट्रोलियम उत्पादनांमध्ये कार्बन आणि हायड्रोजन हे दोन्ही मुबलक असतात. कोळशात अनावश्यक अशी खूपशी खनिज द्रव्येही असतात. द्रवरूप इंधन बनवण्यासाठी कच्च्या कोळशात कार्बन आणि हायड्रोजनचे प्रमाण 1.5:2 अथवा दोनापेक्षा थोडे अधिकच हवे.

कोळशाचे द्रवीकरण आणि वायूकरण

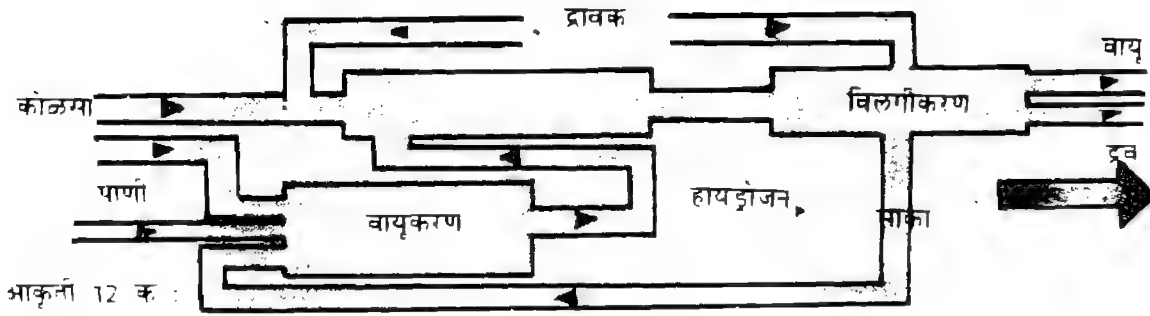
कोळशाचे द्रवरूप आणि वायूरूप इंधनात रूपांतर करण्याच्या चार मूलभूत पद्धती आहेत. आंशिक द्रवीकरणात अथवा औष्णिक विद्युत पद्धतीत कोळसा उच्च तापमानाला निर्वात अवस्थेत तापवतात. असे करताना कोळशातील हायड्रोजन उडवून लावला जातो. या प्रक्रियेत कार्बन आणि इतर काही खनिजे साक्याच्या रुपात शिल्लक उरतात. (आकृती 12 अ) कोक बनवताना वापरल्या जाणाऱ्या प्रक्रियेशी साद्धर्म्य असलेल्या या प्रक्रियेत कोळशाची भुकटी बारीक करुन बंद टाकीमध्ये उच्च तापमानाला गरम केली जाते. या प्रक्रियेत वायूरूप पदार्थ उडून जातात आणि डांबर व इतर काही वायू उरतात. ते वेगळे करून



आकृती 12 : (अ) :



आकृती 12 ब :



आकृती 12 क :

आकृती 12 : पायरोलिसिस, फिशर ट्रॉश आणि हायड्रोजनेशन पद्धतीने कोळशापासून द्रव आणि वायूरूप इंधने बनवतात.

मिळविले जातात. डांबराचे परत शुध्दीकरण करून त्यापासून कृत्रिम कच्चे खनिज तेल मिळविले जाते तर वायू आणि कोळशाचा साका इतर औद्योगिक प्रक्रियेत इंधन म्हणून वापरले जातात.

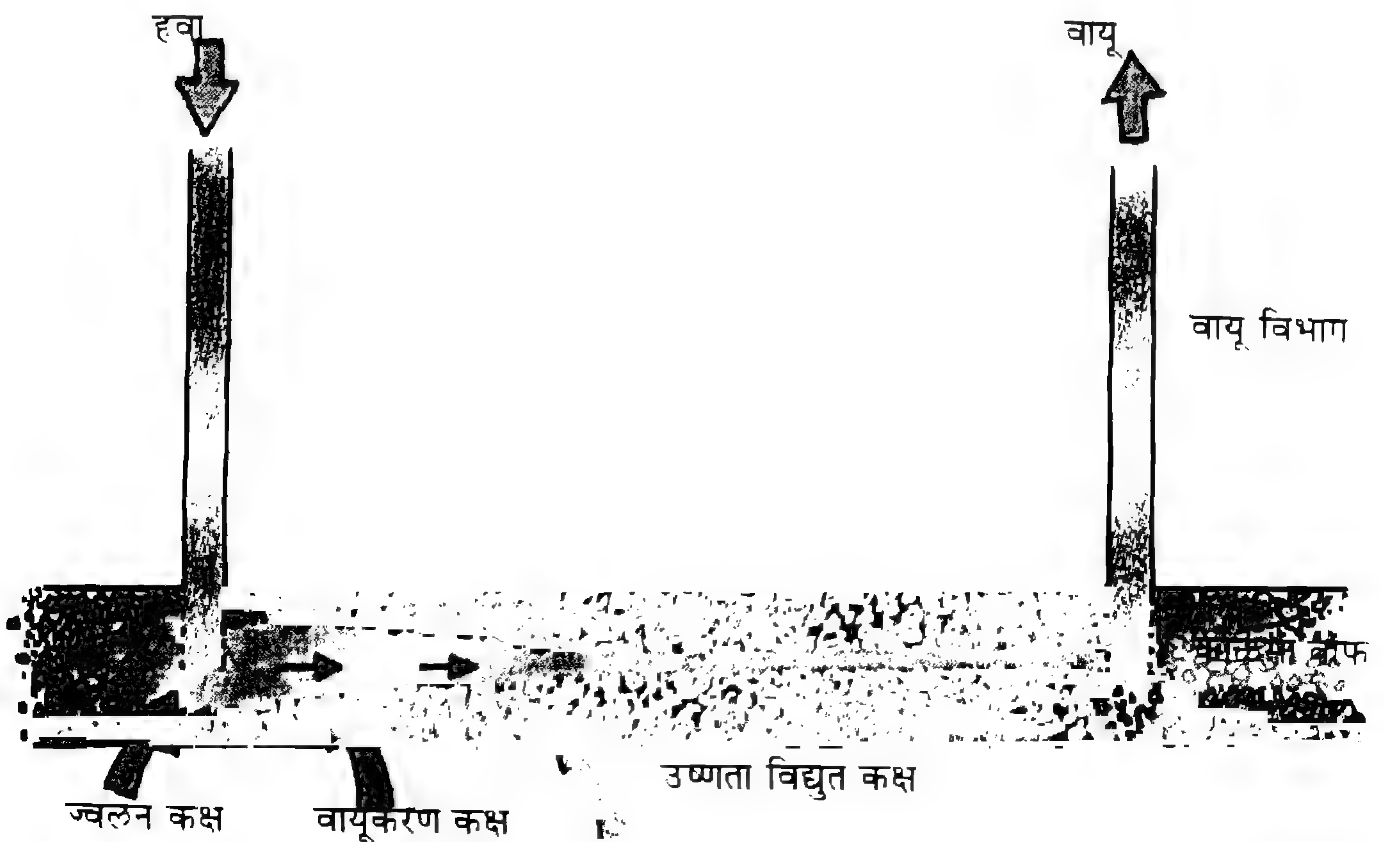
हायड्रोजन द्रवीकरण प्रक्रियेत, निर्वात जागेत, हायड्रोजन मिसळून कोळसा तापवला जातो. प्रक्रियेत जेवढ्या जास्त प्रमाणात बाहेरून हायड्रोजन पुरवला जातो तितक्या जास्त प्रमाणात द्रव आणि वायूरूप इंधने मिळतात. (आकृती 12 ब)

पाण्याची वाफ, हवा अथवा ऑक्सिजनच्या सयोगाने कोळशातील कार्बनचे रुपांतर द्रव अथवा वायूरूप हायड्रोकार्बनमध्ये करता येते. नैसर्गिक वायू अथवा द्रव पेट्रोलियम इंधनाऐवजी कोळशापासून मिळवलेली ही इंधने

वापरता येतात. 'फिशर ट्रॉश' प्रक्रियेत कार्बन आणि पाण्याची वाफ 600 अंश सेल्सियसला तापवून कार्बन मोनॉक्साईड आणि हायड्रोजनच्या या मिश्रणात (याला वॉटर गॅस—जलवायू असेही म्हणतात.) आणखी हायड्रोजन मिसळून उत्प्रेरकाच्या उपस्थितीत हे सर्व 250 अंश सेल्सियसला तापवतात. प्रभाती उर्ध्वपातन करुन या प्रक्रियेतून हायड्रोकार्बनचे मिश्रण मिळते. जलवायू आणि हायड्रोजनवर प्रक्रिया करताना तापमान, दाब आणि उत्प्रेरकाची जात या तीन घटकांच्या विविध प्रक्रियांतून मिथेन वायू (याला 'कृत्रिम नैसर्गिक वायू' असेही म्हणतात.) अल्कोहल्स्, मेण आणि इतर बऱ्याच पध्दतीची हायड्रोकार्बनी इंधने बनवता येतात.

कोळशापासून जमिनीखाली वायू बनवणे

कोळसा जमिनीत जेथे मिळतो तेथेच त्याचे इंधन वायूत रूपांतर करणे हे सर्वांत स्वस्त. यासाठी जमिनीला छिद्रे पाडून खाली कोळसा पेटवून देतात. जमिनीवरून एका छिद्रात पाण्याची वाफ आणि दाबलेली हवा सोडतात. जळणाऱ्या कोळशाच्या उष्णतेमुळे पाण्याच्या वाफेभोवती कार्बनीकरण आणि वायूकरणाच्या प्रक्रिया



आकृती 13 : जमिनीला छिद्रे पाडून एका छिद्रातून दाबलेली हवा आत सोडून कोळसा पेटवून देतात. अशा पद्धतीने जमिनीखाली असलेल्या कोळशाचे रूपांतर तिथेच जळाऊ वायूत होते.

होतात. पहिल्या छिद्रातून पाण्याची वाफ आणि दाबलेली हवा जोराने आत येत असल्याने या प्रक्रियेत निर्माण होणारे पदार्थ दुसऱ्या छिद्राकडे जातात. तेथून ते बाहेर काढून घेतले जातात आणि अन्यत्र वापरण्यासाठी नेतात. जमिनीखाली वायूकरण केलेल्या या प्रक्रियेतून कमी ऊर्जा देणारा इंधन वायू मिळतो. या इंधन वायूत कार्बन मोनॉक्साईड, कार्बन डाय ऑक्साईड, नायट्रोजन आणि हायड्रोजनचे मिश्रण असते. (आकृती 13) जमिनीखाली अशी प्रक्रिया करण्याचे बरेच फायदे असतात. एकतर यासाठी वायूकरण संयंत्र लागत नाही. खाणी बनवाव्या लागत नाहीत. कोळशाची ने-आण वाचते. राखेचे काय करायचे हा प्रश्न उरत नाही आणि ज्या कोळशाचे वायूत रूपांतर झाले नाही तो उचलून दुसरीकडे नेऊन टाकण्याची यातायातही वाचते.

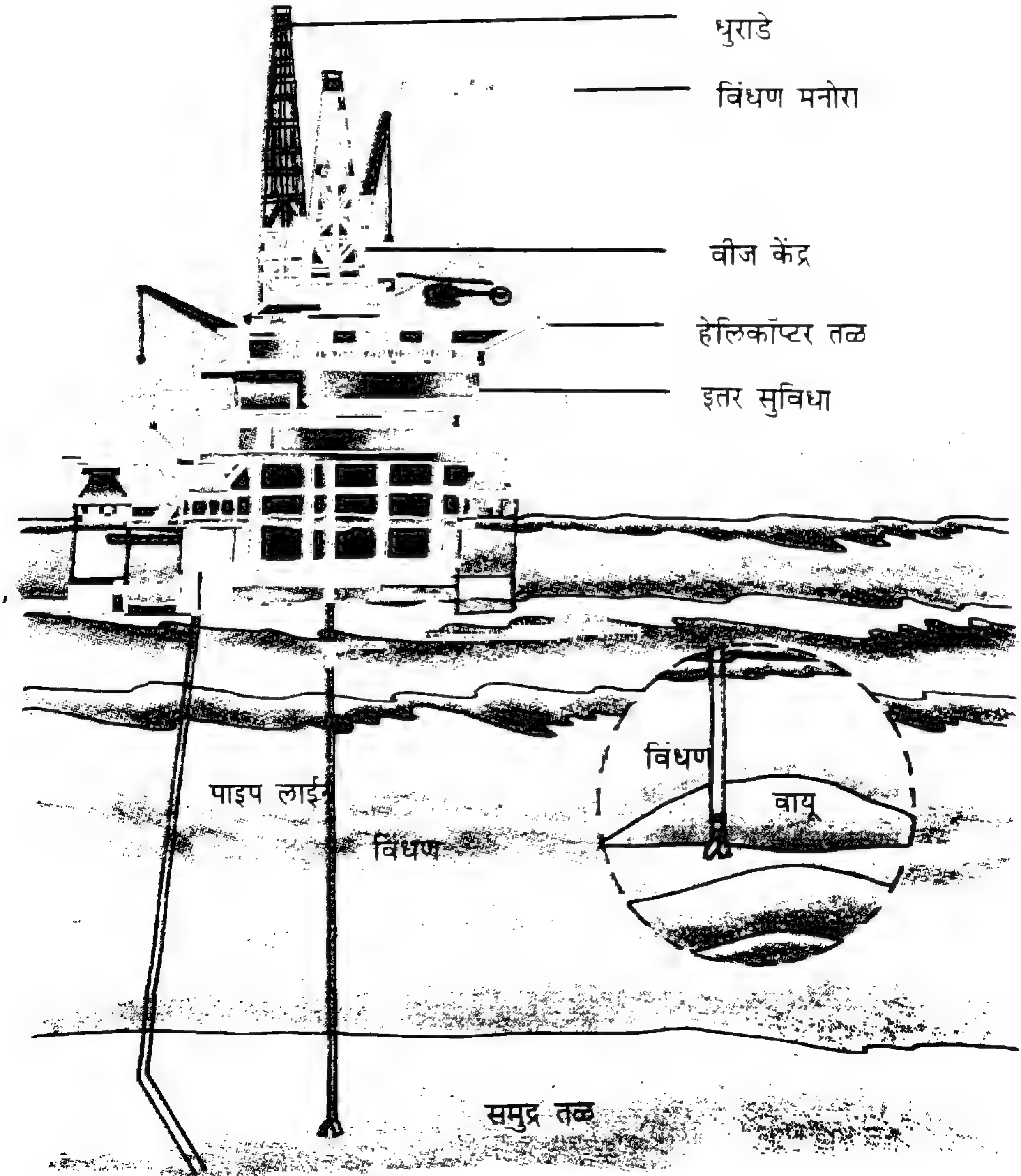
पेट्रोलियमवरील प्रक्रिया

कोळसा आणि नैसर्गिक वायू (या दोन्हीत प्रामुख्याने मिथेन वायू असतो.) जळण म्हणून जसाच्या तसा वापरता येतो. पण पेट्रोलियम आणि कच्च्या तेलाचे तसे नाही. पेट्रोलियम हा शब्द मूळ लॅटिन भाषेतल्या *पेट्रा* आणि *ओलियम* या शब्दापासून बनवला आहे. *पेट्रो* म्हणजे खडक आणि *ओलियम* म्हणजे तेल. म्हणून पेट्रोलियम म्हणजे 'खडक तेल'. म्हणून वनस्पती आणि प्राण्यांपासून मिळणाऱ्या तेलापेक्षा ते वेगळे आहे. पेट्रोलियमला कच्चे तेल असेही म्हटले जाते. ह्या कच्च्या तेलात हायड्रोकार्बनच्या संयुगांची अक्षरश: शेकडो प्रकारची मिश्रणे आणि अन्यही काही रासायनिक मूलद्रव्ये असतात. कच्चे तेल कोणत्या द्रव्यांपासून बनले आणि किती वर्षांचे जुने आहे या सारख्या अनेक गोष्टींवर त्यात कोणते रासायनिक घटक असणार हे ठरते. त्यामुळे जमिनीखालच्या प्रत्येक थरातून मिळणारे कच्चे तेल गुणवत्तेत एकमेकाहून भिन्न असते. अगदी एकावर एक असलेल्या उभ्या आणि आडव्या खडकांच्या थरांच्यामध्ये देखील वेगळया गुणवत्तेचे तेल मिळते. कच्च्या तेलासोबत नैसर्गिक वायूसुध्दा असतो. नैसर्गिक वायू म्हणजे दुसरे तिसरे काही नसून मुख्यत: मिथेन आणि इथेनसारख्या हायड्रोकार्बनचे वायूरूप होय. कच्च्या तेलात हायड्रोकार्बन नसलेले पदार्थ म्हणजे सल्फर, नायट्रोजन आणि ऑक्सिजनची संयुगे. याशिवाय व्हॅनॅडियम, निकेल, केलोरिन, आर्सेनिक आणि शिशाची अल्प

प्रमाणातली मौलेही त्यात असतात.

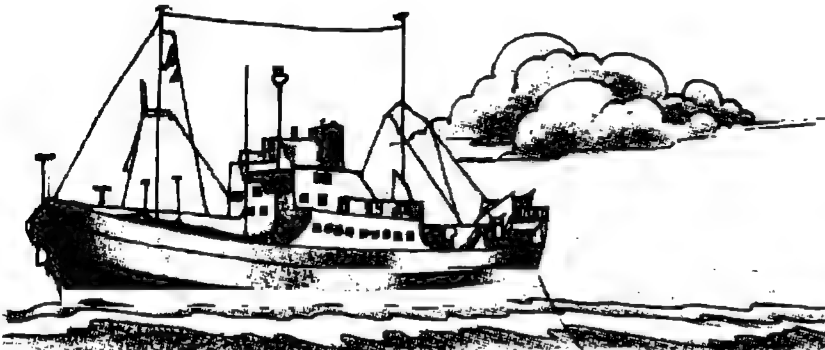
तेलाचा शोध

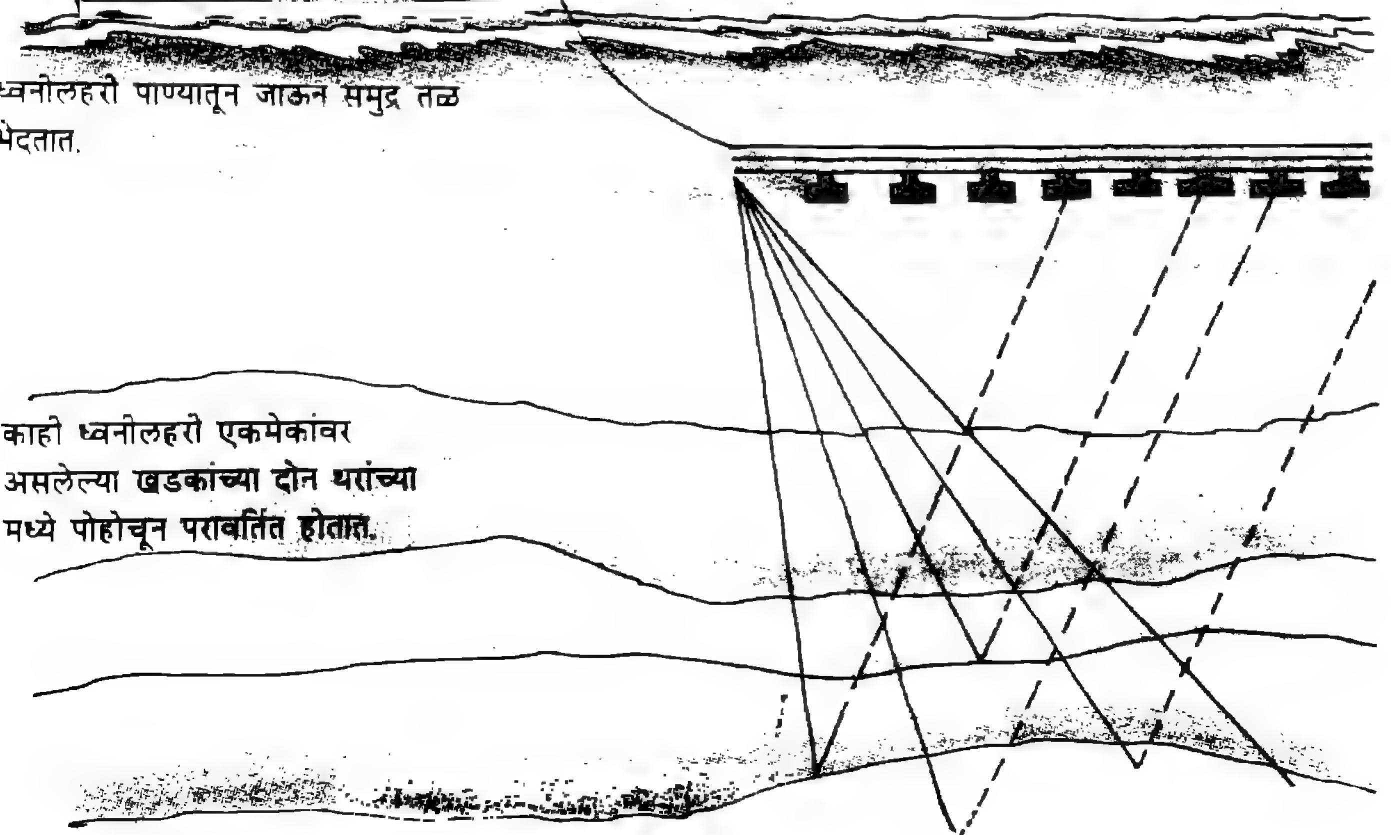
सर्वसाधारणपणे भूकंप सर्वेक्षण पध्दत वापरून जमिनीखालील तेलाचे थर शोधून काढले जातात. भुपृष्ठावर भोके पाडून त्यात सुरुंगाची दारु ठासून भरतात. ती पेटवून दिल्यावर निर्माण होणाऱ्या ध्वनीलहरी जमिनीत पसरतात आणि विविध भूस्तर रचनेवर आपटून पुन्हा भूपृष्ठावर येऊन पोहोचतात. जमिनीवर अंतराअंतरावर ठेवलेल्या मापन यंत्रावर त्या लहरी नोंदविल्या



आकृती 14 : मुंबई हायच्या तेलक्षेत्रातील तेल शोध घ्यायला जशी विंधण यंत्रणा वापरली तशीच इतरत्रही वापरतात.

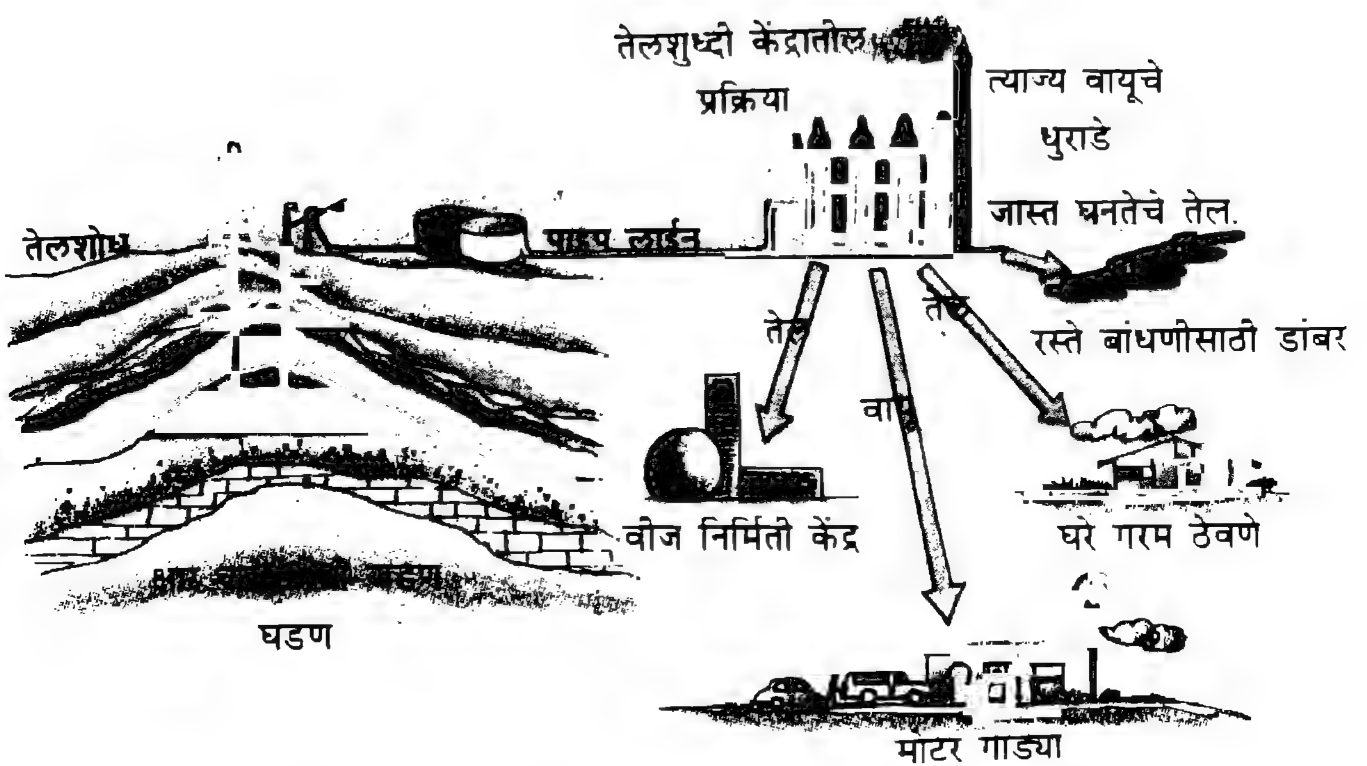
जातात. (आकृती 14) या नोंदींचे विश्लेषण करुन तेलक्षेत्र कोठे असू शकेल याचा अंदाज वर्तवता येतो. पण हा अंदाज अगदी ढोबळ असतो. जमिनीखाली नक्की तेल आहे का आणि ते विंधून काढणे आर्थिक दृष्टया परवडण्यासारखे आहे का हे ठरवण्यासाठी प्रत्यक्ष विहीरच खणावी लागते. सुरुवातीला, 'शोधक विंधण' जमिनीवर एखादे लाकडी मचाण उभारून करतात. समुद्रात विहीर खणण्यासाठी मात्र लोखंडी मचाण उभे करावे लागते. 1970 मध्ये भारताने समुद्रात प्रथम तेल शोध घ्यायला सुरुवात केली. तेव्हा पक्के लोखंडी मचाण उभे केले ते गुजरातेत भावनगर पासून 45 किलोमीटर वर असलेल्या खंबायतच्या सामुद्रधुनीतील अलियाबेटावर येथे 10 ते 22 मीटर खोली असलेल्या पाण्यात 1800 मीटर खोलीपर्यंत विंधण केले. परंतु व्यापारीदृष्ट्या फायद्यात पडेल एवढा तेलसाठा काही तेथे मिळाला नाही. त्यामुळे हा प्रयत्न





आकृती 15 : जहाजावर इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे बसवून तेलाचा शोध घेतला जातो. या उपकरणातून निघालेल्या ध्वनीलहरी पाण्याखालच्या खडकावर आपटून परावर्तित झालेल्या खडकाखाली तेलसाठा आहे की नाही याची महिती भूशास्त्रज्ञांना मिळते.

तसाच सोडून देण्यात आला. (आकृती 15) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे नंतर जहाजांवर विंधण यंत्रणा टाकून तेल शोध घेतला जाऊ लागला. या द्वारे तेल शोधाचा खर्च कमी झाला. हा खर्च कमी करणे गरजेचे झाले होते. कारण तेलसाठे अनेक जागी आहेत असे वाटले तरी पुरेसे तेल फारच थोड्या जागी आहे. पण त्या जागा नेमक्या ओळखता येत नसल्याने अनेक ठिकाणी शोध तर घ्यावा लागतो आणि पुरेशा प्रमाणातील तेल तर फार कमी ठिकाणी मिळते. म्हणून तेल शोधाचा खर्च कमी करणे महत्वाचे ठरते. सहजी हलवता येणारी यंत्रणा आता उपलब्ध झाल्याने जमिनीवरील अथवा पाण्याखालील तेलाचा शोध घेताना ती वापरता येते. भारतातील तेलाचा शोध घेण्यासाठी अशी यंत्रणा ज्या जहाजावर बसवली आहे त्याचे नाव 'सागर सम्राट' असून ते जपानहून आणले आहे. मुंबईच्या किनाऱ्यापासून 110 कि.मी. दूर असलेल्या मुंबई हायच्या तेलक्षेत्रात 70 मीटर खोलीवर तेलाचा शोध घेण्यासाठी हे जहाज वापरले होते. व्यावसायिक दृष्ट्या परवडण्याएवढ्या तेलसाठ्याचा एकदा का शोध लागला की मग मात्र उपसून काढण्यासाठी जहाजाऐवजी फलाट उपयुक्त ठरतात.



आकृती 16 : तेल विहिरीचा शोध लागला की तेल जमिनीवर आणून तेल वाहिनीद्वारा तेल शुद्धीकरण केंद्रात नेले जाते आणि त्यावर तेथे प्रभाजी उर्ध्वपातन प्रक्रिया केली जाते.

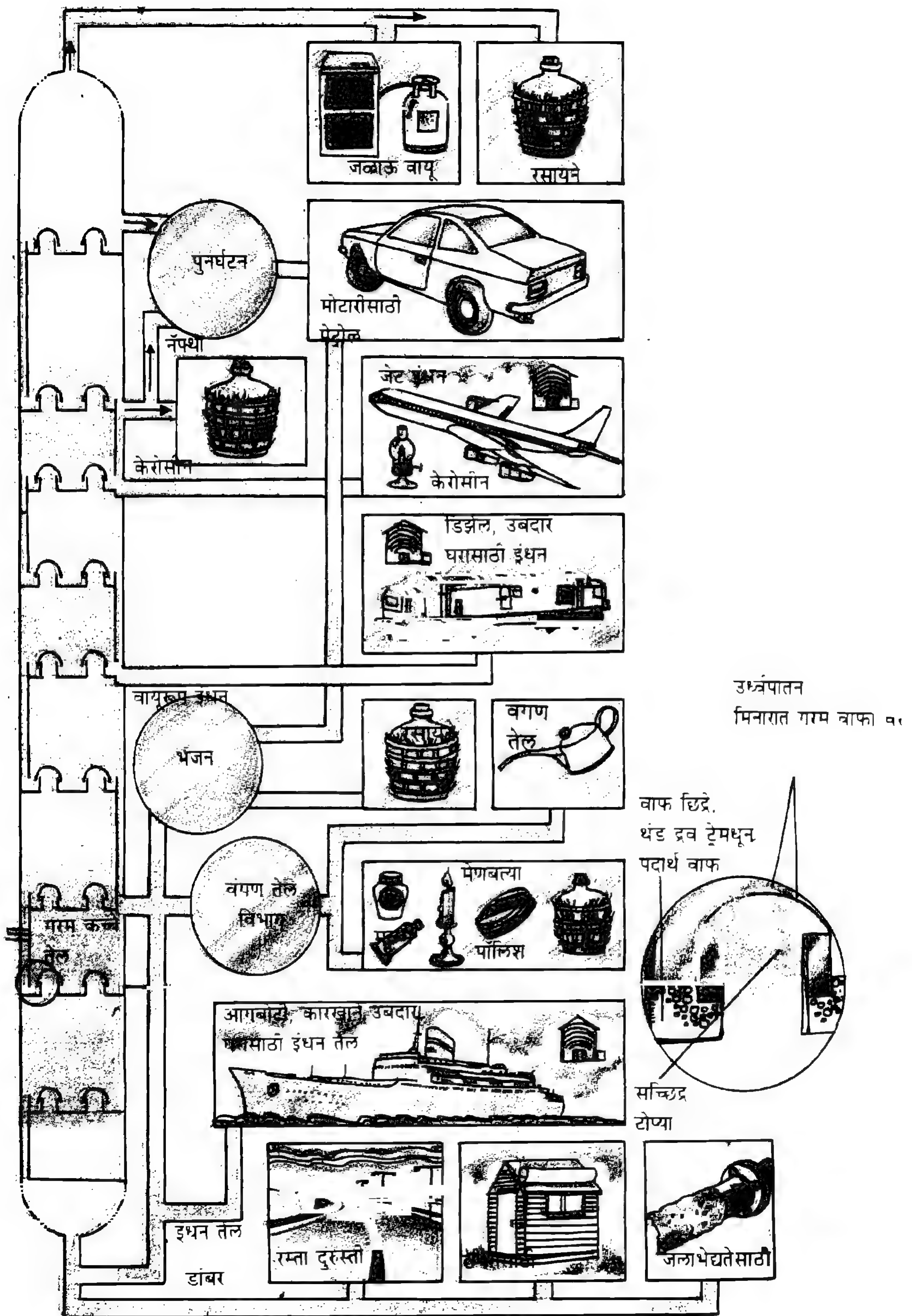
तेलाचा उपसा

एकदा तेलाचा शोध लागला की त्या विहिरीतले तेल वर उपसून काढणे ही पुढची पायरी होय. असे तेल वर काढण्यात बरेच टप्पे आहेत. सामान्यत: जेथे तेलसाठा असतो तेथे सच्छिद्र दगड, वाळू, खारे पाणी आणि नैसर्गिक वायू सापडतो. विहीर खणताना आत अडकलेला वायू आणि तेल पाण्याबरोबर उफाळून वर येतात. जर जमिनीखाली असलेल्या दाबामुळे अंदाजे 20 ते 30 टक्के तेल आपोआप वर येते. हा यातला पहिला टप्पा. (आकृती 16) या नंतरचे आणखी तेल वर काढण्यासाठी जमिनीखाली कृत्रिमरीत्या दाब निर्माण करावा लागतो. सर्वत्र वापरली जाणारी पद्धत म्हणजे जमिनीखाली भरपूर प्रमाणात पाणी अथवा वायू पिचकारीने ठासून भरायचे. यामुळे जमिनीखाली दाब वाढतो आणि तेल वर यायला मदत होते. काही तेलक्षेत्रात पाणी वा वायूऐवजी वाफेचाही उपयोग करतात. परंतु वायू आणि वाफ खर्चिक असल्याने पाण्याचाच वापर करण्याकडे कल असतो.

तेल शुद्धीकरण

जमिनीखालून तेल उपसून वर काढले की ते तेल वाहिन्यातून तेल शुद्धीकरण केंद्राकडे पाठवतात. कधी ऐन समुद्रात फलाटांवरून जहाजात भरून ते समुद्रकिनारी पाठवतात. तेलाबरोबर मिळणारा नैसर्गिक वायूसुद्धा मोठमोठ्या वाहिन्यातून पाठवला जातो. मात्र काही वेळा हा वायू ऐन समुद्रात तिथल्या तिथे जाळूनही टाकावा लागतो.

तेल शुद्धीकरण केंद्रात तेलावर प्रभाजी उर्ध्वपातनाची प्रक्रिया केली जाते. या प्रक्रियेत धातूच्या एका उंच मिनारात कच्चे तेल खूप गरम केले जाते. त्यामुळे मिनाराच्या वेगवेगळ्या उंचीवर विविध रसायने उर्ध्वपातित होतात आणि तेथून त्यांना बाहेर काढून घेतले जाते. कच्चे तेल हायड्रोजन आणि कार्बनपासून बनलेल्या वेगवेगळ्या रसायनांचे मिश्रण असते. ही रसायने आपापल्या तापमानास उकळू लागतात. अशी उकळलेली रसायने मिनारातून बाहेर काढता येतात. कच्च्या तेलातील वायूचा भाग हा वजनाने सर्वात हलका असतो. तो सर्वात अगोदर



आकृती 17 : तेल शुद्धीकरण केंद्रात कच्च्या तेलावर प्रक्रिया केल्यानंतर मिळणारे पदार्थ विविध गोष्टींसाठी उपयोगी पडतात.

उकळतो आणि मिनारात वर चढतो. तेथून तो मग बाहेर काढला जातो. या पद्धतीने त्यापेक्षा जड भाग नंतर उकळतो व मिनारातून वायूपेक्षा थोड्या कमी उंचीवरून बाहेर काढला जातो. असे करता करता डांबरासारखे सर्वात जड रसायन शेवटी उकळते आणि ते मिनाराच्या तळातून बाहेर काढले जाते.

यानंतर हे वेगळे केलेले घटक परत स्वतंत्रपणे उकळवले जातात. शुद्ध केले जातात. या दोन्ही प्रक्रियात उत्प्रेरक रसायनांचा वापर केला जातो. जे रसायन एखाद्या प्रक्रियेत स्वतः भाग घेत नाही पण ज्याच्या उपस्थितीने रासायनिक प्रक्रिया व्हायला मदत होते अशा रसायनाला उत्प्रेरक रसायन म्हणतात. या प्रक्रियेस 'उत्प्रेरक भंजन' म्हणतात. उत्प्रेरक भंजनात वजनाने जड असलेली रसायने वेगळी होत होत शेवटी हलकी रसायने उरतात.

अशा पद्धतीच्या वेगवेगळ्या प्रक्रिया होऊन मिळालेली रसायने अनेक कारणांसाठी उपयोगी पडतात. (आकृती 17) उदाहरणार्थ वायूरुप भाग घरात, उद्योगधंद्यात जळण म्हणून किंवा घरे, वस्तू गरम ठेवण्यासाठी करतात. हवेत चटकन उडून जाणारे पेट्रोल अंतर्दहन इंजिनात तत्काळ पेट घेणारे इंधन म्हणून उपयोगी पडते. केरोसिनचा उपयोग ग्रामीण भागात स्वयंपाकासाठी लागणाऱ्या स्टोव्ह, कंदील, शेतावरच्या ट्रॅक्टर अथवा जेट विमानाच्या इंधनासाठी होतो. डिझेल इंजिनात डिझेल उपयोगी पडते.

जैविक ऊर्जा

लाखो वर्षांपूर्वी झाडे, प्राणी, वनस्पती जमिनीत गाडल्या गेल्या. त्यावर जमिनीतल्या उष्णतेची आणि दाबाची प्रक्रिया होऊन त्यांचे रूपांतर कोळसा, तेल, वायू, इत्यादी झाले. ही इंधने सध्या आपण वापरतो. वनस्पती आणि प्राण्यांच्या पासून तयार झालेल्या टाकावू पदार्थातून आपल्याला लगेच ही इंधने मिळणार नाहीत. तरीही ह्या गोष्टी जैविक ऊर्जा मिळण्यातील महत्वाचा स्त्रोत ठरु शकतो. सजीव प्राणी व वनस्पतींचे मृत अवशेष आणि टाकावू पदार्थातून जैविक ऊर्जा मिळू शकते. घरगुती आणि औद्योगिक घन कचरा, शेतमालातील काडी कचरा, घरगुती सांडपाणी, झाडांचा पालापाचोळा, पडलेल्या झाडांची खोडे हे सर्वच यात येतात. हा कचरा ओला आणि सुका असा दोन्ही प्रकारचा

असला तरी चालतो. ओल्या कचऱ्यात गुरांचे शेण, लेंड्या, लीद, घरचे शिळे अन्न, भाज्यांचे देठ, बुडखे, खराब पाने, कारखान्यातलेही असेच पदार्थ, उदाहरणार्थ उसाच्या चोयट्या, दूध प्रक्रियेतील त्याज्य भाग इत्यादी आणि या सारखे अनेक पदार्थ असू शकतात. कोरड्या कचऱ्यात झाडांचा पालापाचोळा, कागद, काड्या, फळांच्या साली मोडतात. ऊर्जा मिळवण्यासाठी हा जैविक कचरा दोन पद्धतीने वापरता येतो. कोरडा कचरा जाळून पाणी तापवायचे व वाफ मिळवायची किंवा ओला कचरा कुजवून त्यापासून जैविक वायू मिळवायचा आणि तो इंधन म्हणून वापरायचा.

जैविक वायू मिळवण्यासाठी एक संयंत्र वापरतात. त्याला गोबर गॅस संयंत्र म्हणतात. यामध्ये एका मोठ्या हवाबंद पात्रात गुरांचे शेण घेऊन त्या भरपूर पाणी घालतात. हवाबंद अवस्थेत पातळ शेणावर सूक्ष्मजंतू प्रक्रिया करतात. त्याला अनानिलवानुचे अपघटन म्हणतात. त्यातून तयार झालेल्या रसायनांवर दुसऱ्या सूक्ष्मजंतूंची प्रक्रिया होऊन त्यातून जैविक वायूची निर्मिती होते. हाच वायू इंधन म्हणून वापरतात. त्यात 60 टक्के मिथेन असतो. मिथेन तयार झाल्यावर तो पात्रातून नळीवाटे बाहेर काढतात. भारतात सध्या सहा लाख गोबर गॅस संयंत्रे आहेत; तर चीनमध्ये 70 लाख आहेत.

घरातला आणि कारखान्यातला ओला कचरा वापरुनही मिथेन मिळवता येतो. त्यासाठी एका खोल खड्ड्यात ओला कचरा टाकतात व खड्डा हवाबंद करतात. हा कचरा नैसर्गिकरित्या कुजतो आणि त्यातून मिथेन वायू मिळतो.

उष्णतेचे विजेत रूपांतर

वीज ही सर्वात सोईची ऊर्जा आहे. पारंपरिक औष्णिक वीज निर्मिती केंद्रात इंधन जाळून पाण्याचे वाफेत रूपांतर करतात. वाफेतील गतिजन्य ऊर्जेचे वाफचक्कीमध्ये यांत्रिक ऊर्जेत रुपांतर होते. नंतर जनित्राद्वारे या यांत्रिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर होते. (आकृती 10) ऊर्जेचे जेव्हा जेव्हा स्वरूप बदलते तेव्हा त्या काही ऊर्जेची नासाडी होते. लाकूड अथवा कोळसा जाळून जेव्हा वीज मिळवतात तेव्हाही, अशा या प्रत्येक रूपांतरामुळे होणाऱ्या ऊर्जा नाशामुळे संपूर्ण प्रक्रियेत 40 टक्क्यांपेक्षा अधिक कार्यक्षमता काही मिळत नाही. ऊर्जा रूपांतराचे हे टप्पे

कमी करुन इंधन जाळून त्यापासून एकदम वीज मात्र मिळवता येते. यासाठी चुंबकीय जल गतिक जनित्र वापरतात. त्याला एम्.एच्.डी. जनित्र म्हणतात. हे जनित्र विद्युत चुंबकीय प्रवर्तनाच्या तत्वावर चालते. एखादा विद्युत वाहक चुंबकीय क्षेत्रातून वेगाने फिरवला तर त्यातून विद्युत निर्मिती होते.

यासाठी एक छोटा प्रयोग करा. एक तांब्याची तार घेऊन तिची दोन टोके एका विद्युत मापकास जोडा. दोन चुंबकपट्या घेऊन त्यांचे उत्तर आणि दक्षिण ध्रुव जवळ आणा. या दोन ध्रुवांच्या मधून ही तांब्याची तार वेगाने फिरवा. त्यामुळे विद्युत मापकाची सूची हलताना दिसते. 'चुंबकीय क्षेत्राने विद्युत वाहकात निर्माण केलेले हे विद्युत चुंबकीय बल आहे' असे याचे वर्णन ब्रिटिश शास्त्रज्ञ मायकेल फॅरेडे याने केले आहे. विद्युत वाहक धन, द्रव किंवा वायूरूप असा कसलाही असला तरी त्यात विद्युत चुंबकीय बल निर्माण होते. पारंपरिक जनित्रातला विद्युत वाहक म्हणजे तांब्याची तार. परंतु एम्.एच्.डी. जनित्रातला विद्युत वाहक वायूरुप द्रव असून हा विद्युत वाहक अतिवेगाने फिरतो. ह्या द्रवाचे 2000 ते 5000 अंश सेल्सिअस तापमानाला वायूत रुपांतर होते. यासाठी त्यात केसियम नावाचे मौल थोडेसे मिसळतात. केसियम तापवल्यावर त्यातले इलेक्ट्रॉन नष्ट होतात आणि हा वायू उत्तम विद्युत वाहक बनतो. नंतर हा वायू नळीमार्फत विद्युत चुंबकीय क्षेत्रात अति वेगाने फिरवतात. त्यामुळे नळीच्या दोन टोकातील विद्युत दाबात मोठा फरक निर्माण होतो. ह्या विद्युत दाबाच्या मदतीने सहजी काही कार्य करता येते. एम्.एच्.डी. जनित्रातून डी.सी. प्रवाहाचे ए.सी. प्रवाहात रूपांतर करता येतो. या एम्.एच्.डी. जनित्रात इंधनाचे विजेत खूप कार्यक्षमतेने रूपांतर होते. एवढी कार्यक्षमता पारंपरिक पद्धतीच्या औष्णिक वीज निर्मिती केंद्रात कधीच मिळत नाही. एम्.एच्.डी. जनित्रातून बाहेर पडणारे वायू खूप गरम असतात. त्याचा उपयोग करून पाण्यापासून वाफ बनवतात आणि त्या वाफेच्या आधारे वाफचक्रीतून आणखी वीज मिळवता येते. या कारणानेही प्रक्रियेची एकूण कार्यक्षमता वाढते.

3

ऊर्जेचे अपारंपरिक स्त्रोत

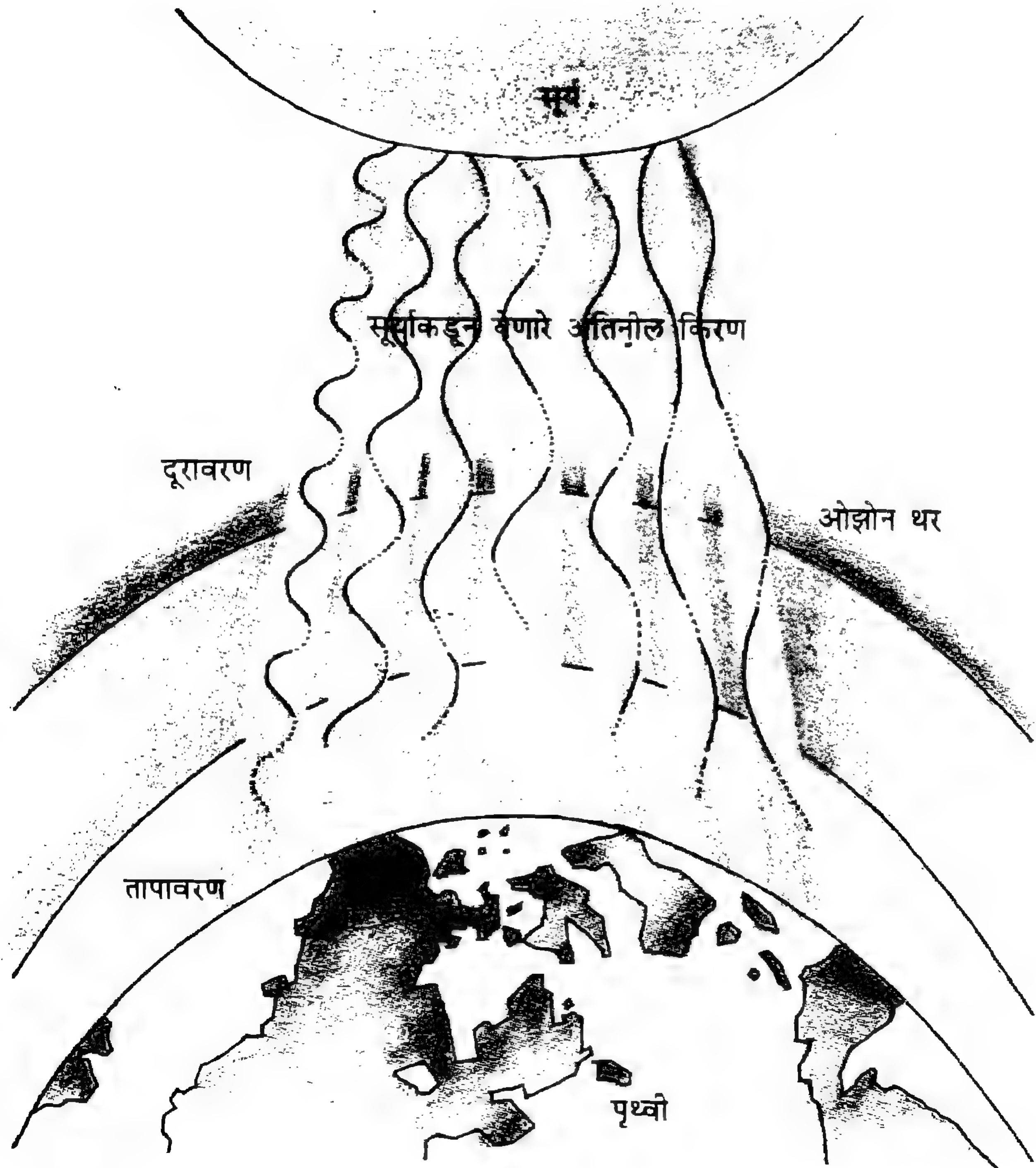
मागील प्रकरणात वर्णन केलेले पारंपरिक ऊर्जेचे स्त्रोत कधीतरी संपणारे असून ते पुन्हा चटकन निर्माण करता येणारे नाहीत. सजीव गोष्टी मेल्यावर कुजतात आणि लाखो वर्षांनी त्याचे इंधनात रूपांतर होते. म्हणूनच त्याला अपुनरुज्जीवित ऊर्जा स्त्रोत असे म्हणतात. या उलट सूर्य, वारा, समुद्राच्या लाटा, लहरी आणि भूगर्भातील उष्णता या गोष्टी मात्र कधीच न संपणाऱ्या आहेत. त्यामुळेच यांना अपुनरुज्जीवित ऊर्जा स्त्रोत म्हणतात. खनिज ऊर्जा आणि अणु ऊर्जा स्त्रोताच्या तुलनेत या स्त्रोतांपासून मिळणारी ऊर्जा फार पसरट स्वरुपाची असते. त्यातल्या त्यात वारे आणि समुद्राच्या लाटा हीच सूर्य ऊर्जेची तीव्र स्वरुपे आहेत. सूर्याच्या उष्णतेने वातावरणाचे तापमान वाढते. त्यामुळे हवेत मोठ्या प्रमाणावर हालचाल होऊन तिचे रूपांतर वाऱ्यात होते. प्रचंड वाऱ्याने समुद्राच्या पाण्यात मोठमोठ्या लाटा उठतात आणि त्यातून खूप मोठ्या प्रमाणावर ऊर्जा मिळू शकते. इतके सगळे असूनही या पैकी कोणताही ऊर्जा स्त्रोत पारंपरिक ऊर्जा स्त्रोताला योग्य पर्याय ठरु शकलेला नाही. अपारंपरिक ऊर्जा स्त्रोतातल्या एखाद्या स्त्रोतापासून तीव्र स्वरुपाची ऊर्जा मिळू शकेल का, असा प्रयत्न सध्या जागतिक स्तरावर चालू आहे.

सौर ऊर्जा

ऊर्जेचा सहजी मिळणारा स्त्रोत म्हणजे सूर्य. इतर ऊर्जा स्त्रोतांपेक्षा सौर ऊर्जेत कितीतरी अधिक फायदे आहेत. तो एक न संपणारा स्त्रोत आहे, प्रदूषण मुक्त आहे. खनिज इंधनाप्रमाणे त्यातून कोणत्याही प्रकारचे विषारी पदार्थ बाहेर पडत नाहीत. आणि त्याच्या साठ्यावर कोणताही देश निर्बंध घालू शकत नाही. त्यामुळे सौर ऊर्जेच्या कार्यक्षम वापर झाला तर एक कायमचा विनामूल्य स्त्रोत

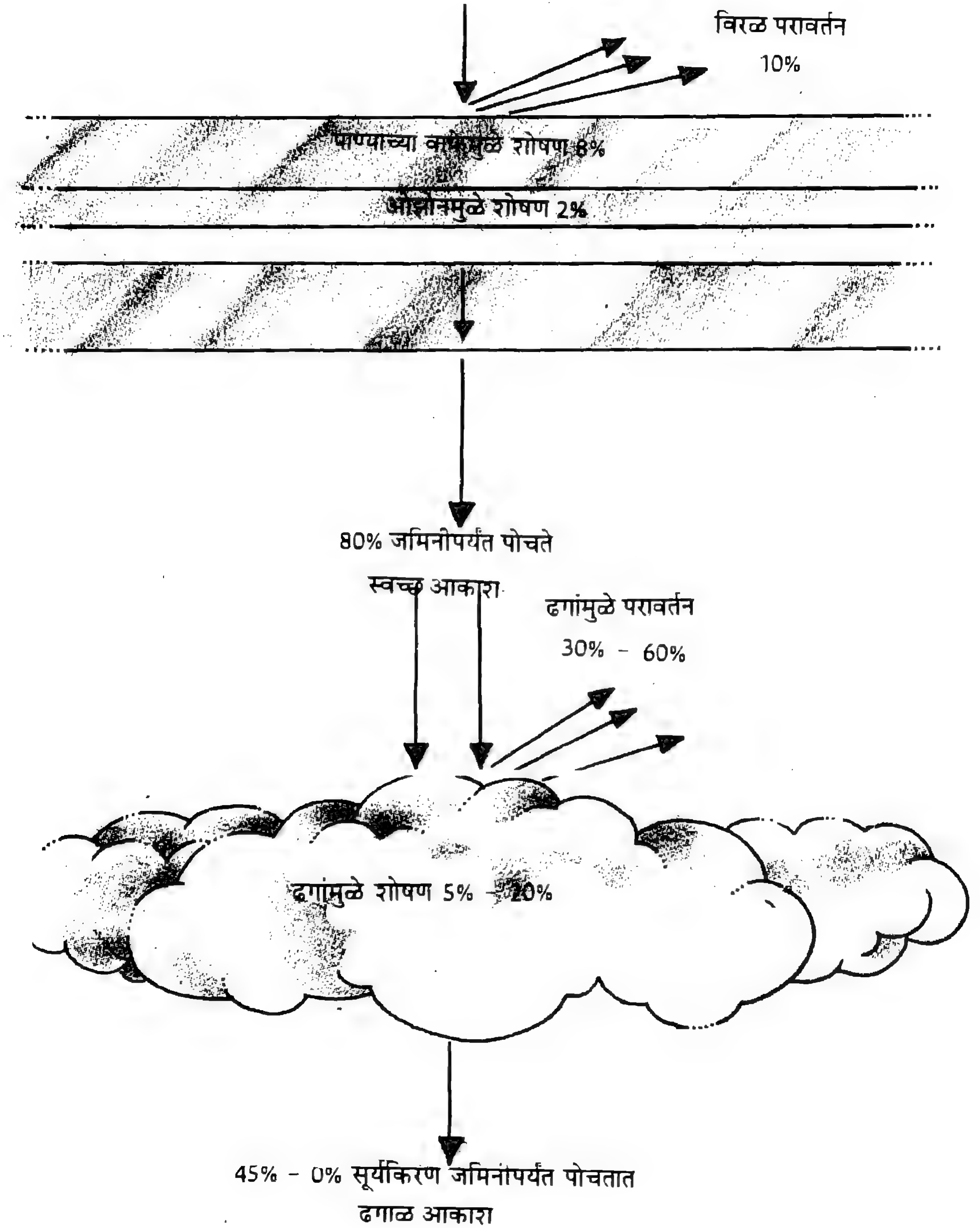
आपल्याला उपलब्ध होईल. वातावरण प्रदूषित होणार नाही आणि अपुनरुज्जीवित ऊर्जा स्त्रोतांवर आज आपण जे परदेशांवर अवलंबून आहोत ते परावलंबनही टळेल.

सूर्य प्रकाशात अनेक तरंगलांबीचे किरण आहेत. ते आपण स्वतंत्रपणे दृश्य रंगात पाहू शकतो. जांभळा, पारवा, निळा, हिरवा, पिवळा, नारंगी, तांबडा. या रंगांच्या तरंगलांबी वेगवेगळ्या असतात. आपल्याला साध्या डोळ्यांनी जे दिसत



आकृती 18 (अ) : सूर्याकडून येणारे बहुतेक अतिनील किरण ओझोनथर शोषून घेतात.

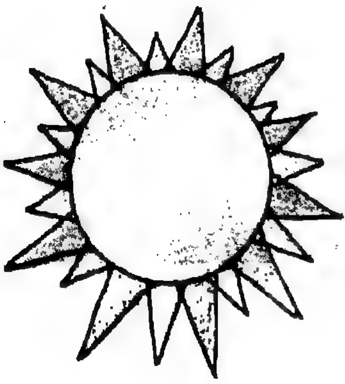
नाही ते इतर काही अत्याधुनिक उपकरणानी आपल्याला पहाता येते. सूर्यप्रकाशात अतिनील आणि अवरक्त असे आणखी दोन प्रकारचे किरण असतात. अतिनील किरणांची तीव्रता सहजी दिसणाऱ्या इतर किरणांपेक्षा आणि



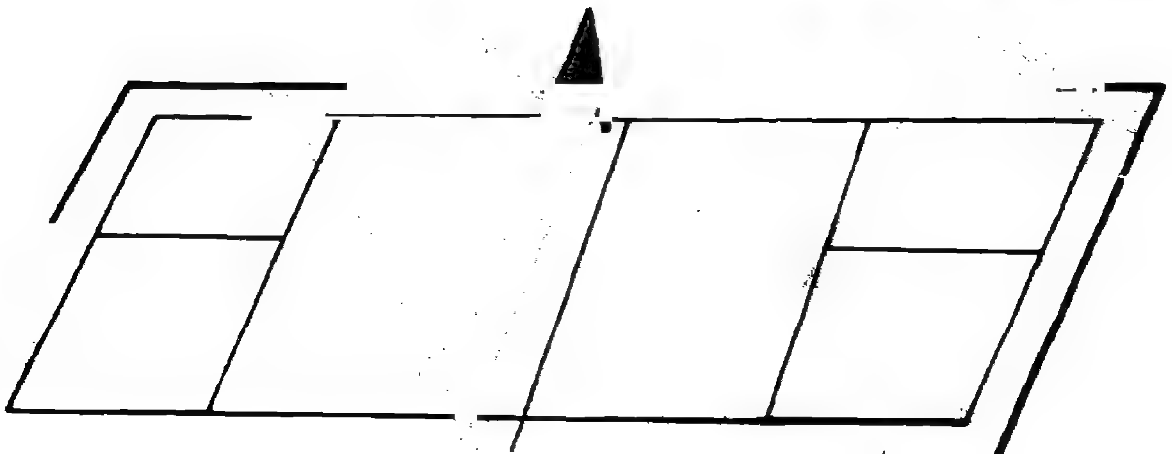
आकृती 18 (ब) : ढगाळ हवामान, हवेतील बाष्प आणि समुद्रसपाटीपासूनची एखाद्या गावाची उंची यामुळे जमिनीपर्यंत पोहोचणाऱ्या सूर्यकिरणात फरक पडतो.

अवरक्त किरणांपेक्षाही जास्त असते. अतिनील किरणांमुळे सौरदाह होतो. मनुष्य शरीराच्या त्वचेस अतिनील किरणांमुळे ड जीवनसत्व मिळते. अवरक्त किरणांमुळे सूर्य किरणांची उष्णता आपल्या त्वचेस जाणवते. त्यामुळेच ऊन्ह आपल्याला गरम वाटते.

सूर्यापासून निघालेले किरण जेव्हा पृथ्वीच्या वातावरणात शिरतात तेव्हा त्यातील काही किरण धूलिकणांनी आणि ढगांनी परावर्तित होतात तर काही वातावरणातल्या कार्बन-डाय-ऑक्साईड, बाष्प आणि ओझोन थराने शोषले जातात. उरलेले पृथ्वीतलावर येऊन पोहोचतात. (आकृती 18 अ) बरेचसे अतिनील किरण ओझोन थर शोषून घेतो. काही अवरक्त किरण ढग, कार्बन-डाय-ऑक्साईड आणि बाष्प शोषून घेतात. त्यामुळे एखाद्या गावी जमिनीवर सूर्यकिरण किती येणार हे त्या गावाच्या वातावरणातील ढगांचे अस्तित्व, हवेतील बाष्प, त्या गावाची समुद्र सपाटीपासूनची उंची, त्या गावाचे







आकृती 18 (क) : एखाद्या टेनिसच्या मैदानावर येऊन पोहोचणाऱ्या सूर्यप्रकाशातील ऊर्जा ही 135 लिटर पेट्रोल जाळल्यावर मिळणाऱ्या ऊर्जेएवढी अथवा 180 किलोग्रॅम कोळसा जाळल्यावर मिळणाऱ्या ऊर्जेएवढी असते.

विषुववृत्तापासून असलेले दक्षिणेकडचे अथवा उत्तरेकडचे स्थान, वर्षाचा ऋतू, दिवसाची वेळ इत्यादी घटकांवर अवलंबून असते. (आकृती 18 ब) स्वच्छ सूर्य प्रकाशात किती ऊर्जा असते हे जाणून घ्यायचे असेल तर असे म्हणता येईल की, टेनिसच्या मैदानाच्या आकाराएवढ्या जमिनीवर पडलेल्या सूर्यप्रकाशात जेवढी ऊर्जा असते तेवढी मिळविण्यासाठी आपल्याला 135 लिटर पेट्रोल अथवा 180 किलो कोळसा जाळावा लागेल. (आकृती 18 क).

सौर ऊर्जा संपादणे

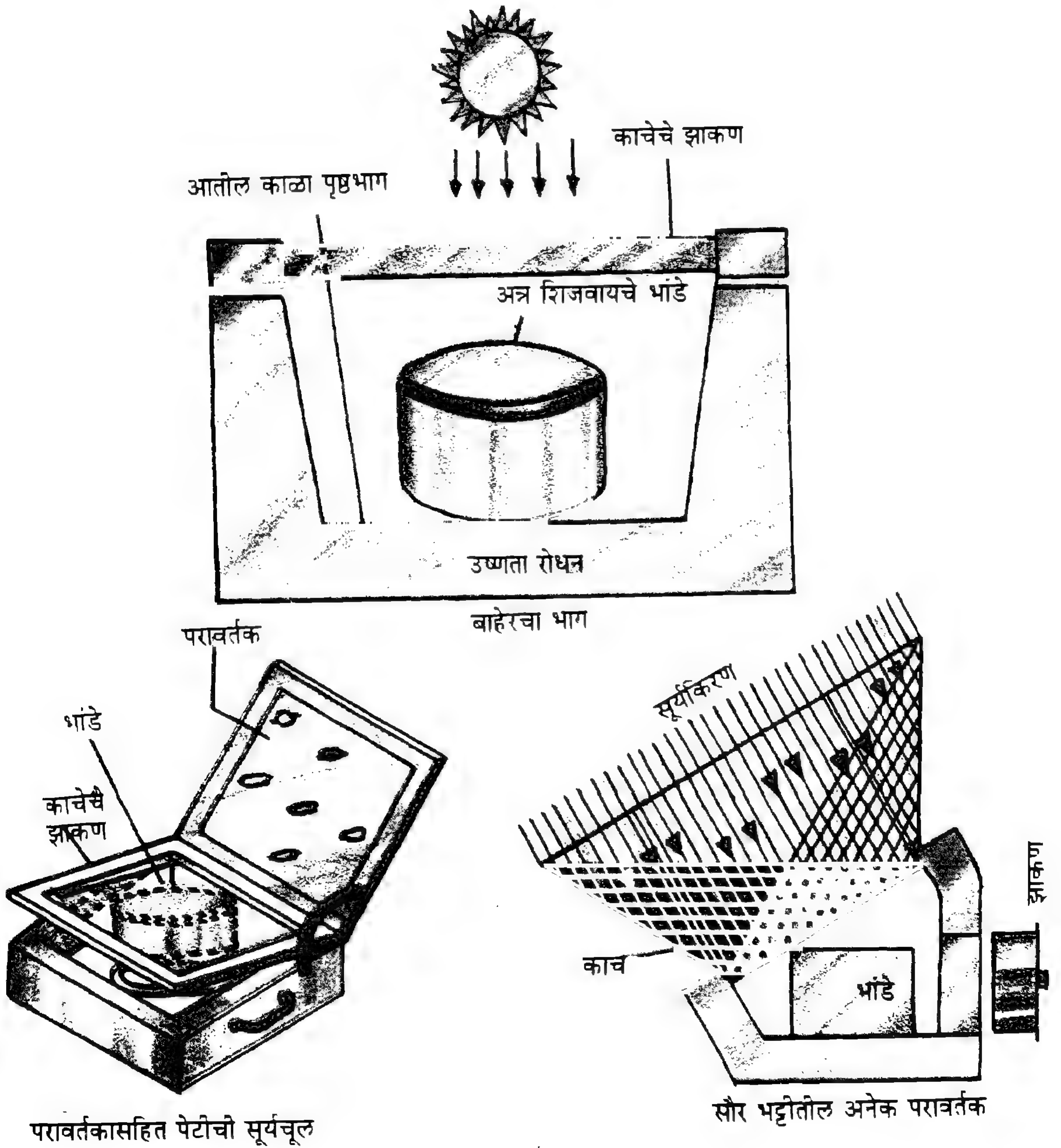
खालील तीन प्रकारे सौर ऊर्जा मिळवता येते. अ) सूर्य प्रकाशातील उष्णतेच्या वापर करणे ब) सूर्य ऊर्जेचे विजेत एकदम रूपांतर करणे. क)प्रकाश संश्लेषण अथवा जैविक प्रक्रियेतून ऊर्जा संपादन करणे. परंतु सौर ऊर्जेचा यशस्वी वापर करण्यापूर्वी दोन मोठ्या समस्या सोडवायला हव्यात. पहिली समस्या म्हणजे



आकृती 19 : एखाद्या बहिर्गोल भिंगावर सूर्यकिरण घेतले तर भिंगाखालील कागदावर ते एकवटतात आणि कागद जळतो.

सूर्यप्रकाश विरळ आणि सर्वत्र पसरलेला असतो. हा प्रकाश केंद्रित करुन त्यातूनच आपल्याला ऊर्जा मिळवावी लागते. दुसरे म्हणजे, रात्रीसाठी अथवा अती ढगाळ दिवसासाठी सौर ऊर्जा साठवून ठेवावी लागते.

सूर्य किरणांखाली बहिर्गोल भिंग धरले तर भिंगाखालील कागदाचे काय होते हे आपण सर्वांनी पहिले आहे. (आकृती 19) कागद जळतो. सूर्य ऊर्जा केंद्रित करण्याची समस्या वेगवेगळ्या प्रकारची भिंगे वापरून सोडवता येते. सूर्य चुलीत आणि सौर भट्टीत अशी भिंगे वापरतात. यातील सर्वात सोप्या प्रकारचे भिंग सूर्य

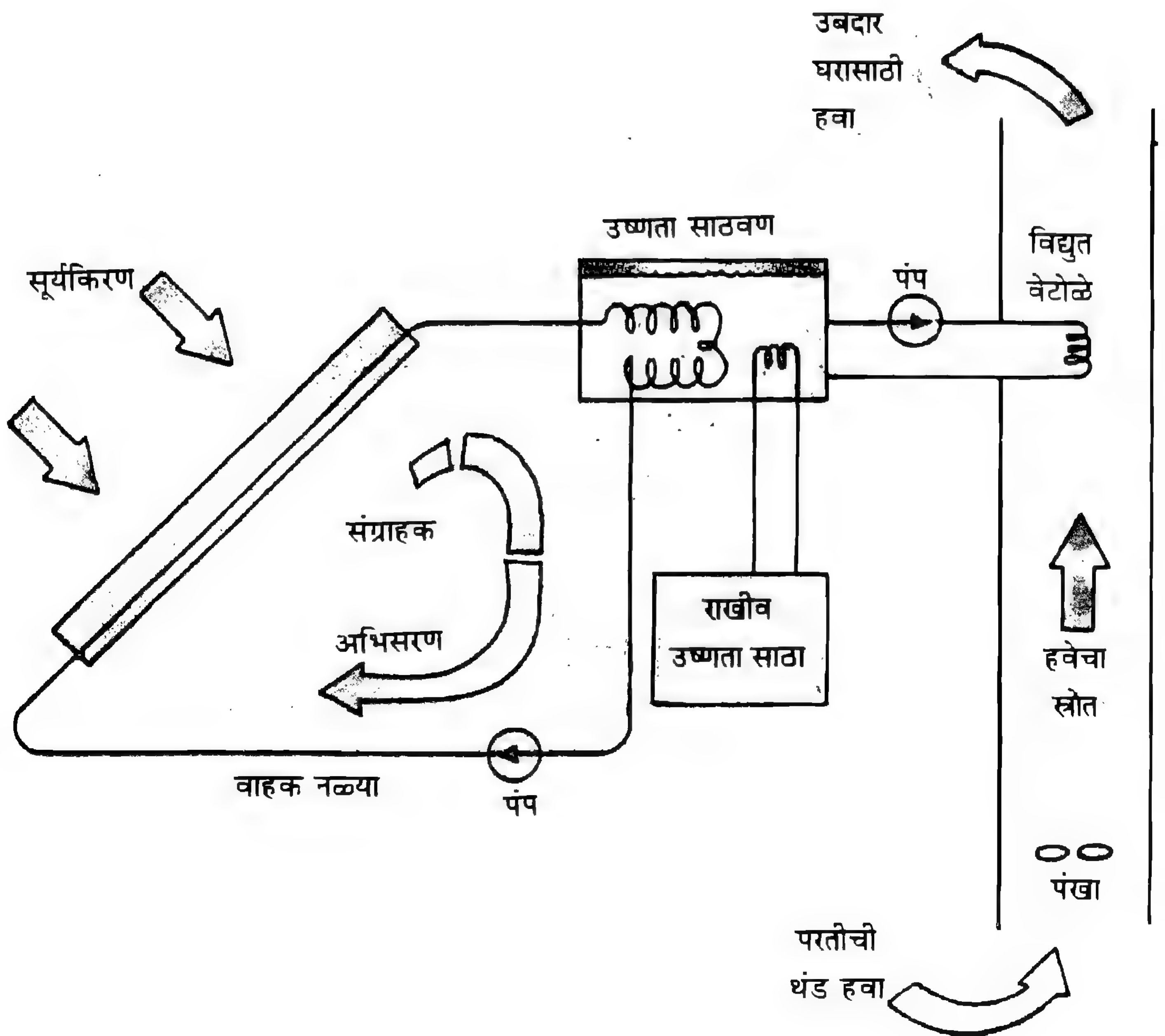


आकृती 20 : सूर्यचुलीत आणि सौरभट्टीत परावर्तक वापरतात.

चुलीत वापरतात. पॉलिश केलेली काच दिसावी तसे अथवा ॲल्युमिनियमचा पातळ थर दिलेले प्लॅस्टिक अशा चुलीत भिंग म्हणून वापरतात. सूर्याचे किरण या काचेवर वा प्लॅस्टिकवर पडून त्यातून केंद्रित केलेली उष्णता चुलीतील भांड्यांना मिळते आणि भांडी गरम होतात. सौर भट्टीच्या सर्व बाजूनाही भिंगे बसवलेली असतात. काही सूर्यचुलीत गोलाकार आरसे, परवलयाकार भिंगे आणि फ्रेसनेल भिंगेही बसवलेली असतात. (आकृती 20)

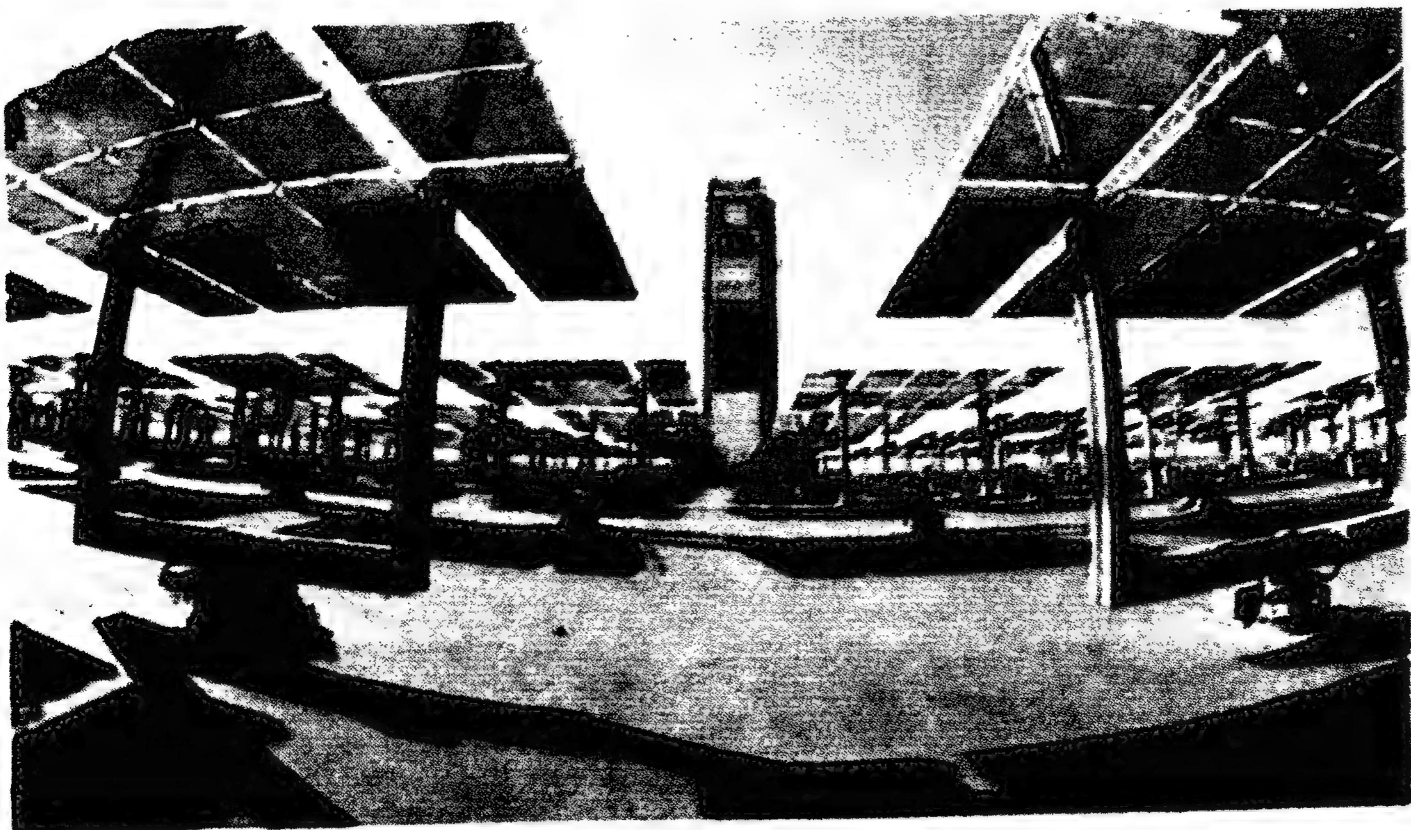
घरे आणि इमारती गरम ठेवणे

थंड प्रदेशात घरे आणि कार्यालयांच्या इमारती गरम करण्यासाठी आणि उष्णकटिबंधात ती थंड ठेवण्यासाठी सौर ऊर्जेचा वापर गेल्या अनेक वर्षांपासून

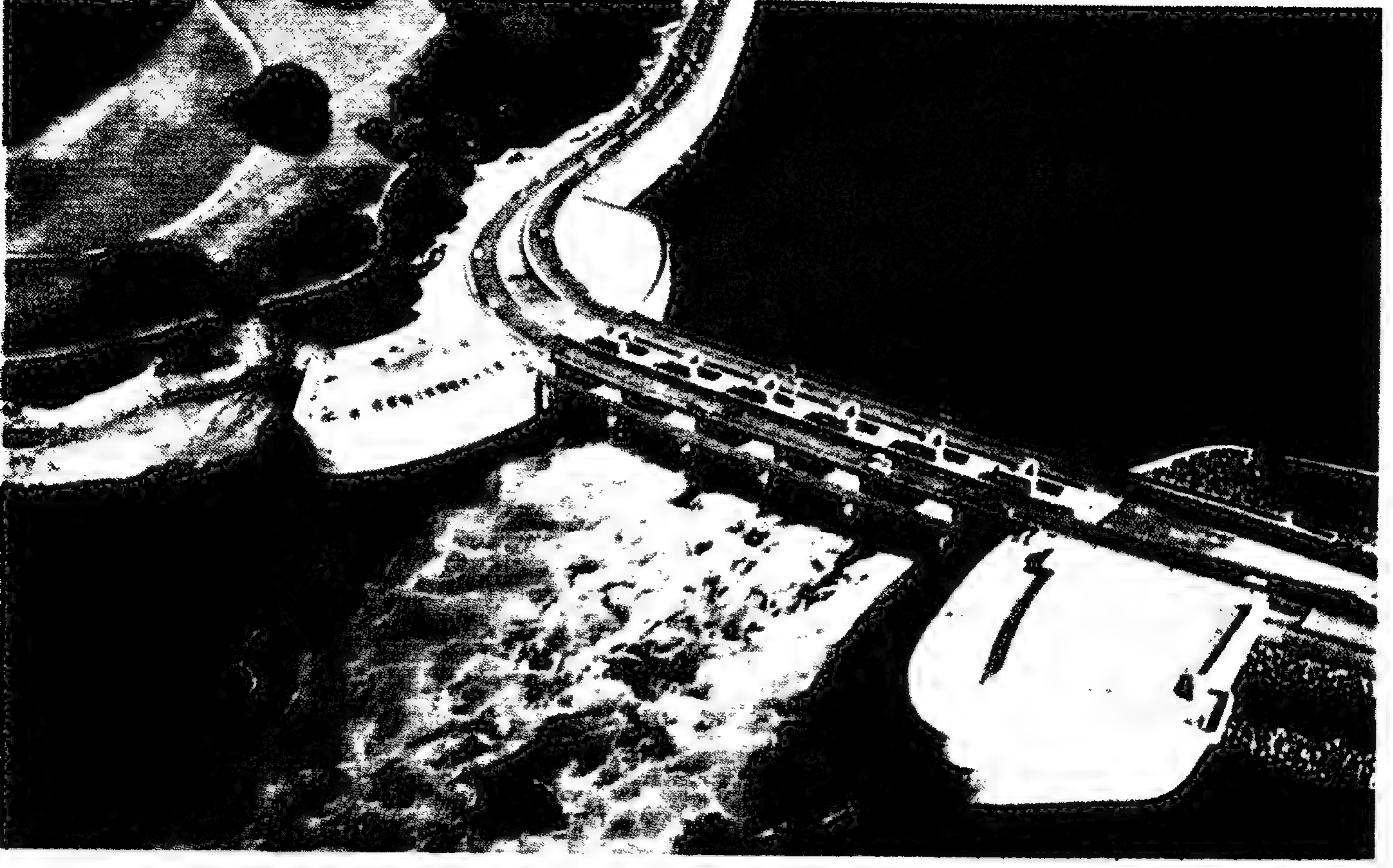


आकृती 21 (अ) : एखादे घर सूर्य किरणांच्या वापराने गरम कसे करतात त्याचा आराखडा.

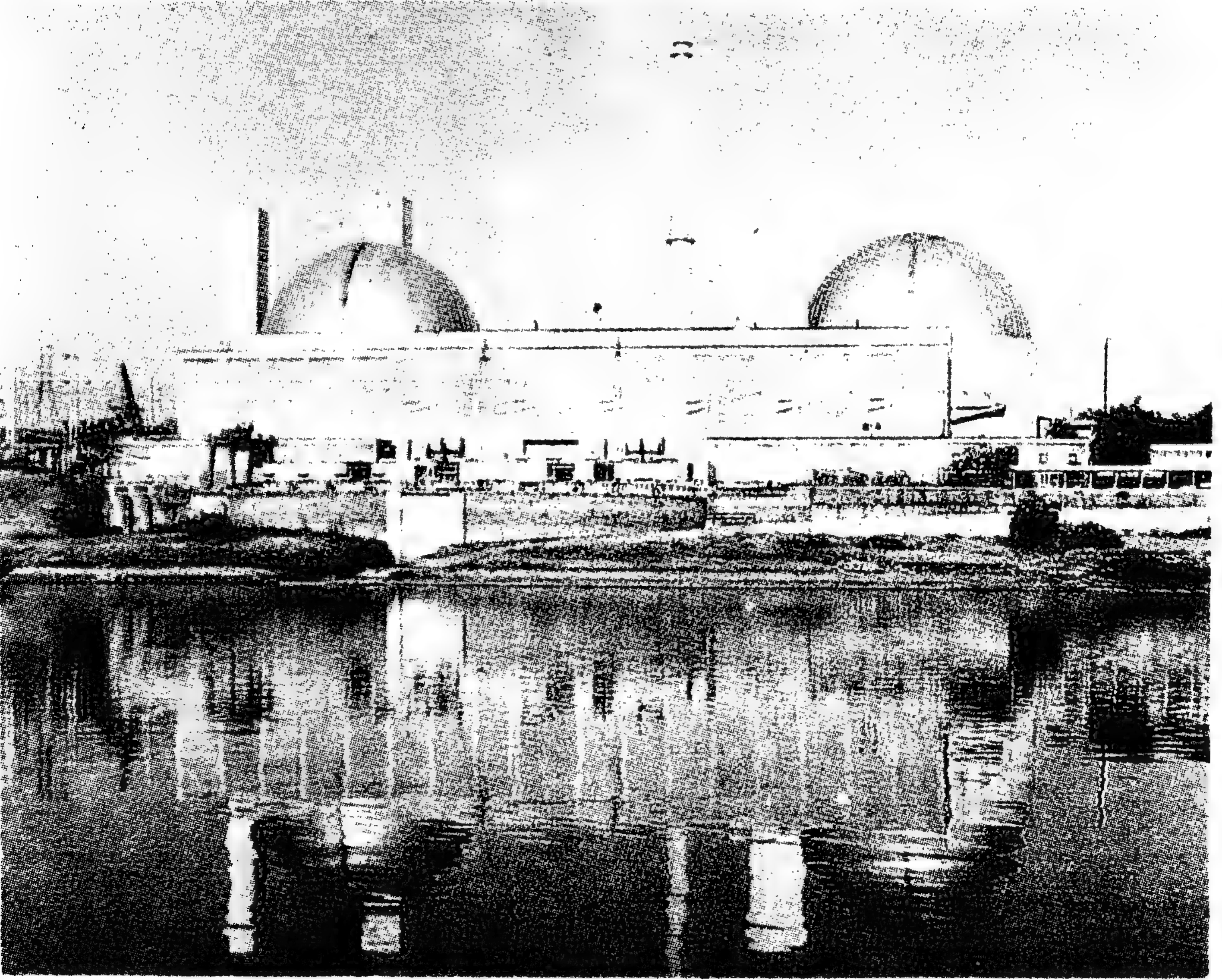
चित्र I : ऊर्जा पुरवठ्यासाठी मध्यवर्ती ठिकाणी कोळसा जाळला जातो.



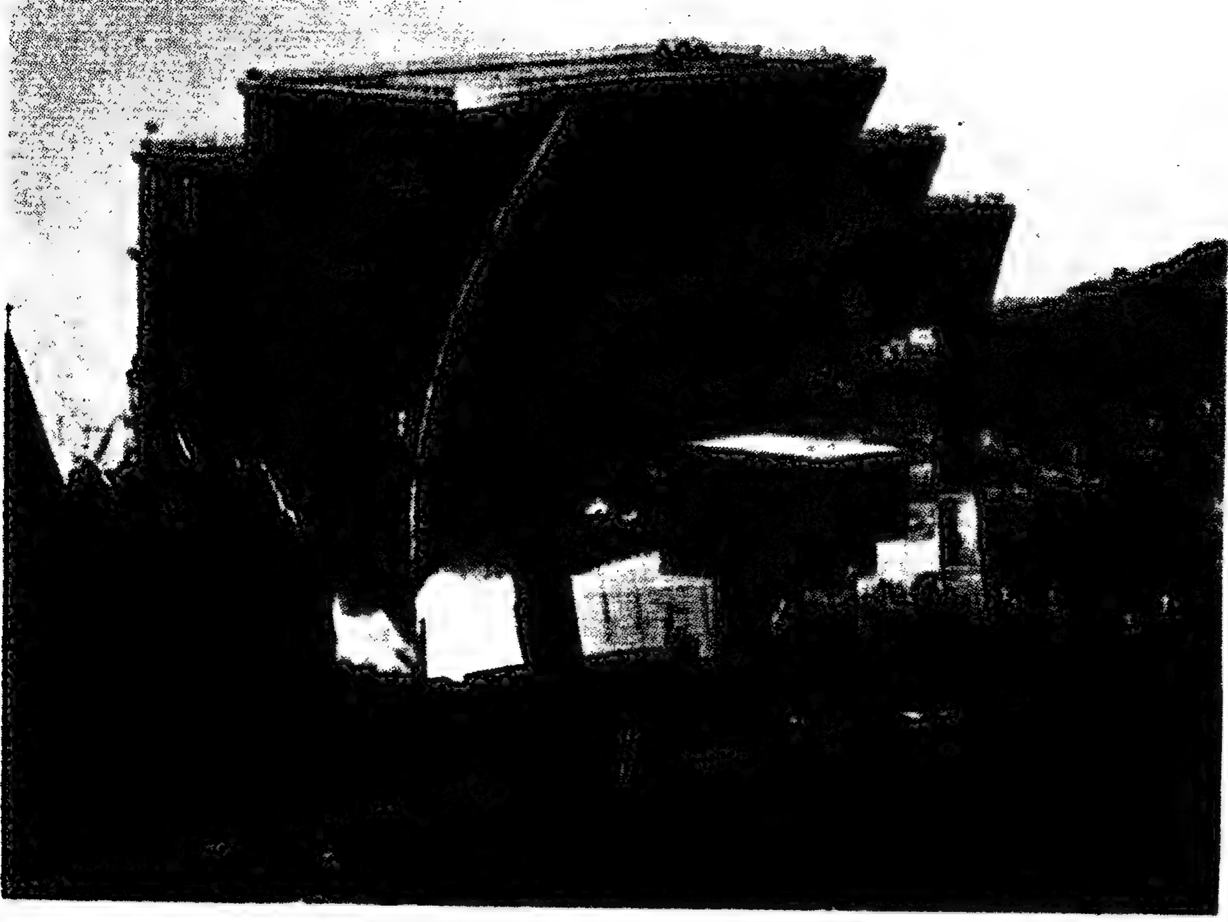
चित्र II : प्रचंड सौर आरशांच्या मदतीने मनोऱ्यावर सूर्य किरण केंद्रित करून पाण्यापासून वाफ मिळवतात. नंतर ही वाफ वापरून केंद्रित वाफचक्कीद्वारे जनित्र फिरवून वीज मिळवतात.



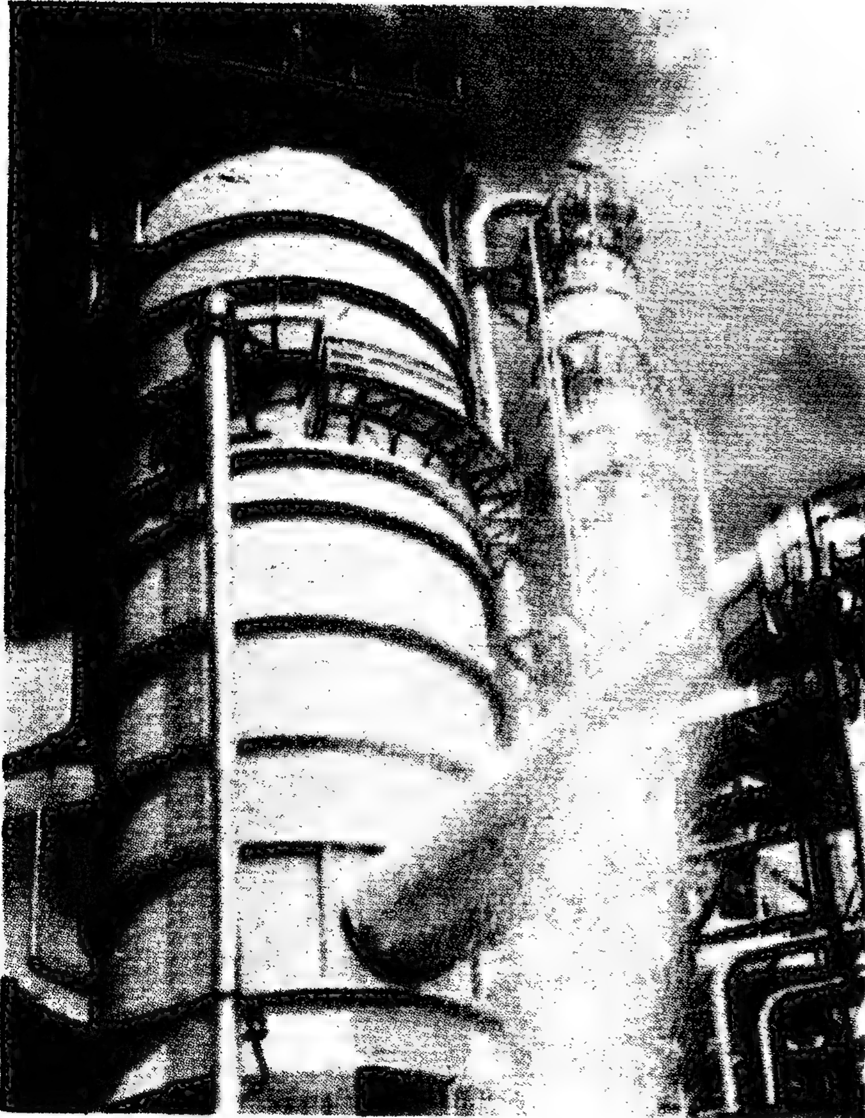
चित्र III : वायव्य फ्रान्सच्या ला रान्स येथील समुद्राच्या लाटांपासून वीज बनवण्याचे केंद्र. जलविद्युत निर्मितीचा फ्रान्समधील हा प्रमुख स्त्रोत आहे.



चित्र IV : अणुभट्टीद्वारे मिळणाऱ्या ऊर्जेपासून वीज मिळवली जाते.



चित्र V : फ्रान्समधील सूर्यशक्तीचे केंद्र. चल आरशांवर पडणारे सूर्यकिरण परवलयाकार आरशावर परावर्तित करून ते एका ठिकाणी केंद्रित करतात. त्या आधारे मिळालेल्या औष्णिक ऊर्जेचे विजेत रूपांतर केले आते.



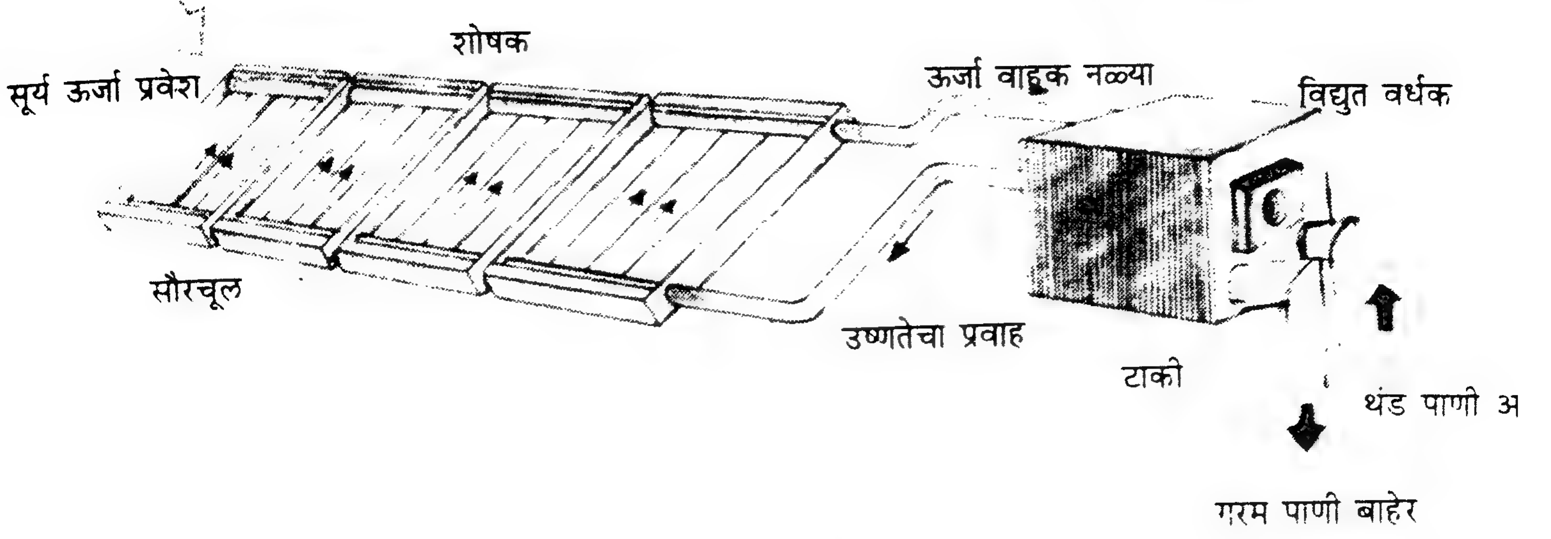
चित्र VI : खनिज तेल, भट्टीत उकळवून भंजन प्रकियेद्वारे अनेक उपयोगी रसायने मिळवली जातात.

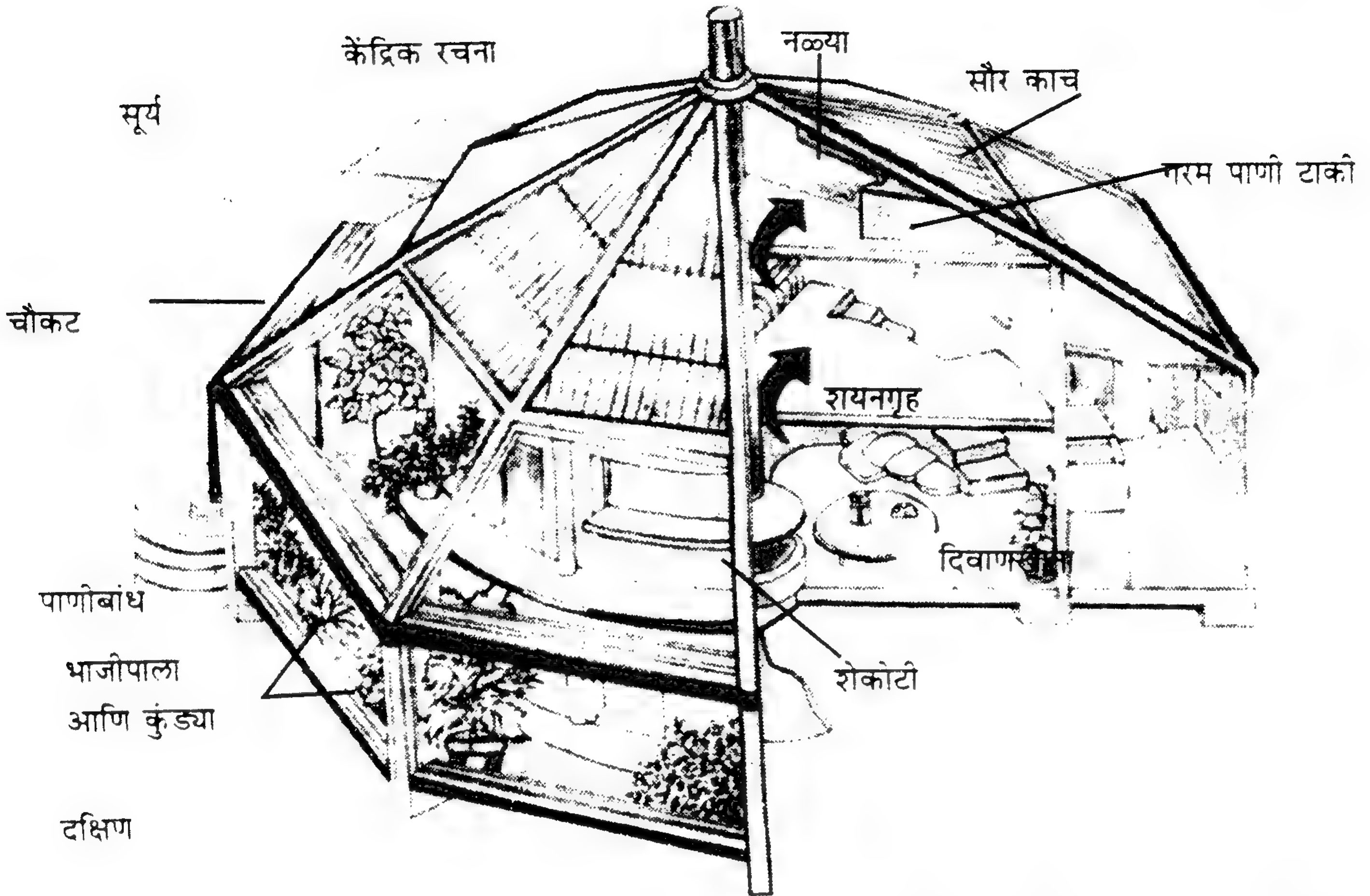


चित्र VII : गरम पाण्याच्या झऱ्यांद्वारे मिळणाऱ्या उष्णतेपासून वीज मिळवली जाते पण असे झरे फार थोडे आहेत.



चित्र VIII : भारतातील पवनचक्की मळा. वीज उत्पादनासाठी पवनचक्क्या महत्वाचा स्त्रोत ठरतात.





आकृती 21 (ब) : घराच्या छपरावरील दक्षिण उतारावर सूर्यकिरण केंद्रित करून मिळालेल्या उष्णतेपासून घर गरम करतात.

केला जात आहे ही त्यातल्या त्यात समाधानाची गोष्ट आहे. एखादे घर सूर्यकिरणांच्या आधारे गरम कसे ठेवले जाते याचा आराखडा आकृती 21 (अ) मध्ये दाखवला आहे. यामध्ये घराच्या छपरावर दक्षिणेकडे तोंड करुन आरसे ठेवतात. त्यावर सूर्यकिरण पाडतात. आणि त्या खालून पाणी फिरवतात. गरम झालेल्या या पाण्याच्या आधारे हवा गरम करून ती पंख्याद्वारे सर्व घरात फिरवून घर गरम ठेवतात. (हवेची उष्णता उष्णतामानस्थापकाच्या संवेदलशीलतेतून जोखली जाते.) पाण्याच्या टाकीतील पाणी पुरेसे गरम नसेल तर योग्य तापमान मिळवण्यासाठी विजेचा उपयोग करतात. ढगाळ हवामान असताना आणि वातावरणात गारवा असताना विजेच्या सहाय्याने पाणी तापवणे उपयोगी पडते.

(आकृती 21 ब) त्यामुळे असे म्हणता येईल की घर गरम करण्यासाठी लागणाऱ्या ऊर्जेपैकी 33 ते 50 टक्के ऊर्जा सूर्यकिरणांपासून मिळवून जळणाच्या खर्चात मोठी बचत होऊ शकते.

वातानुकूलन

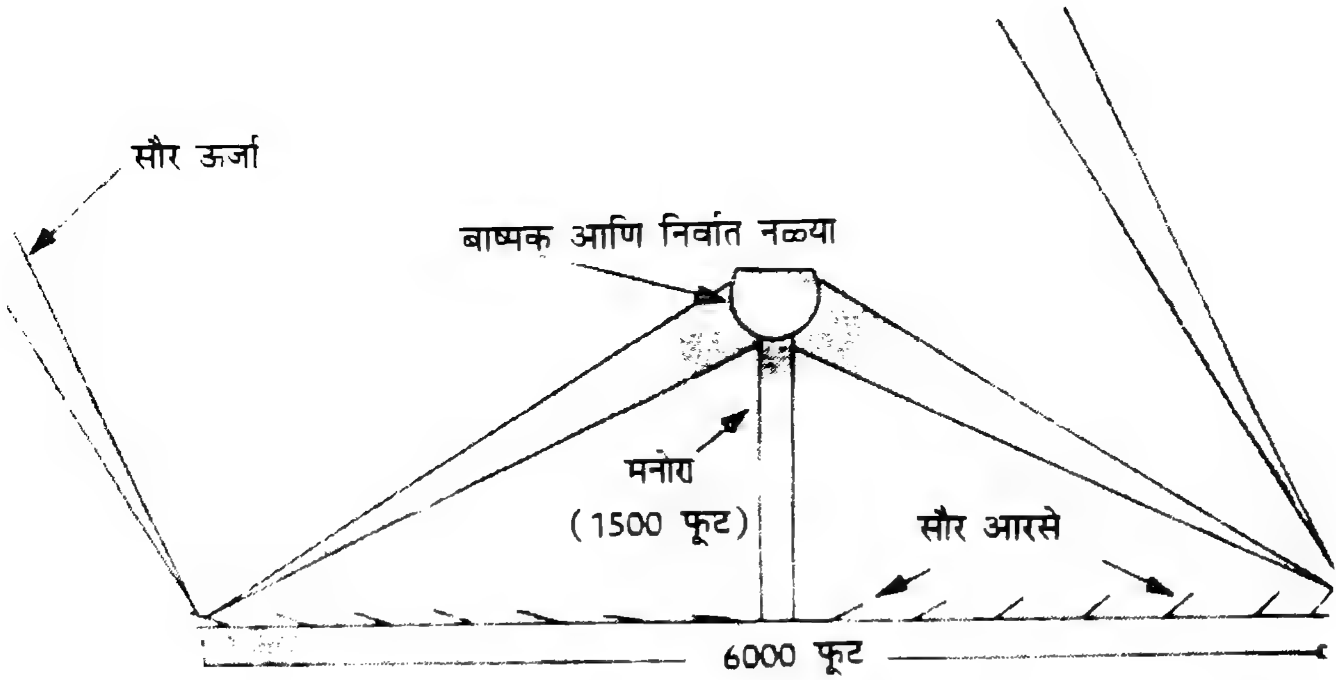
वातानुकूलनासाठी सौर ऊर्जेतल्या उष्णतेचा वापर करतात. शीतकरणाच्या ज्या वेगवेगळ्या पद्धती आहेत त्यात औष्णिक शोषणाची एक पद्धत आहे. यामध्ये अमोनियाचा वापर करतात. विद्युत ऊर्जेचा वापर करून शीतकरण करतात. तशीच ही पद्धत असून यात विद्युत ऊर्जेऐवजी फक्त सौर ऊर्जा वापरतात. शिवाय विद्युत प्रक्रियेत अमोनियाचे द्रावण गरम करून दाब निर्माण करतात.

विद्युत ऊर्जेत रूपांतर

सौर ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत खालील दोन पद्धतीने रुपांतर करतात. 1) सौर ऊर्जेच्या सहाय्याने पाणी उकळवून वाफ बनवतात. आणि त्या सहाय्याने वाफचक्कीद्वारे विद्युत जनित्र चालवून वीज मिळवितात. (सौर औष्णिक विद्युत केंद्र) 2) सौर पट्ट्या वापरुन सौर ऊर्जेचे विजेत परस्पर रूपांतर करतात.

सौर औष्णिक विद्युत केंद्र

विद्युत केंद्रात दोन पद्धती वापरल्या जातात. 1) अनेक आरशांनी मिळून बनवलेल्या विशिष्ट पद्धतीच्या रचनेवर सूर्य किरण पाडून त्यातले परावर्तित किरण सौर भट्टीत ठेवलेल्या उष्णता शोषक उपकरणावर केंद्रित करतात. 2) एखाद्या नळातून उष्णता शोषू शकणारा वायू पाठवतात. नळकांड्याच्या आकाराचे परावर्तक एखाद्या सौर मळयात ठेवून त्यातून केंद्रित केलेले सूर्यकिरण वायूवाहक नळावर पाडतात. अशा पद्धतीने सौर उष्णतेचे शोषण वायू करतो. आकृती 22 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे सौर भट्टीचे उत्तम उदाहरण म्हणजे सौर मनोरा. मनोऱ्यावर उंच ठिकाणी बाष्पक ठेवतात. त्याच्या सर्व बाजूंना आरसे उभे करुन त्यावर पडणारे सूर्यकिरण परावर्तित होऊन मनोऱ्यावरील बाष्पकावर केंद्रित होतात. त्यामुळे बाष्पकातल्या पाण्याचे वाफेत रूपांतर होऊन वाफ चक्की चालवितात. दुसऱ्या प्रकारच्या पद्धतीत बाष्पकाभोवती पोकळ्या



आकृती 22 : सौर मनोऱ्यात सौरभट्टी पद्धत वापरतात. सौर आरशांवर पडलेले किरण परावर्तित होऊन बाष्पकावर केंद्रित होतात.

ठेवतात. आरशांवरुन परावर्तित झालेले किरण या पोकळ्यात पाठवून बाष्पकातले पाणी गरम केले जाते. पुढे त्यातून वाफ आणि वाफेपासून वाफ चक्कीद्वारे वीज बनवली जाते.

या उलट सौर मळ्यात परवलयाकार वृत्तचितीचे केंद्रक अथवा तत्सम समकेंद्रक ठेवून नायट्रोजन अथवा हिलीयम वायू केंद्रक रचनेमधे ठेवलेल्या नळातून पाठवतात. नळाभोवती असलेल्या आवरणात गारगोट्या ठेवून हे आवरण निर्वात करतात. केंद्रक रचनेतून मिळालेली उष्णता नळातून वाहणारा नायट्रोजन अथवा हिलीयम वायू शोषून घेतो आणि मिठाच्या द्रावणात 500 अंश सेल्सियस तापमानास ही उष्णता साठवली जाते. वाफचक्की चालवण्यासाठी ही उष्णता वापरून वीज निर्मिती केली जाते. (आकृती 23)

फोटो व्होल्टाईक विद्युत केंद्र

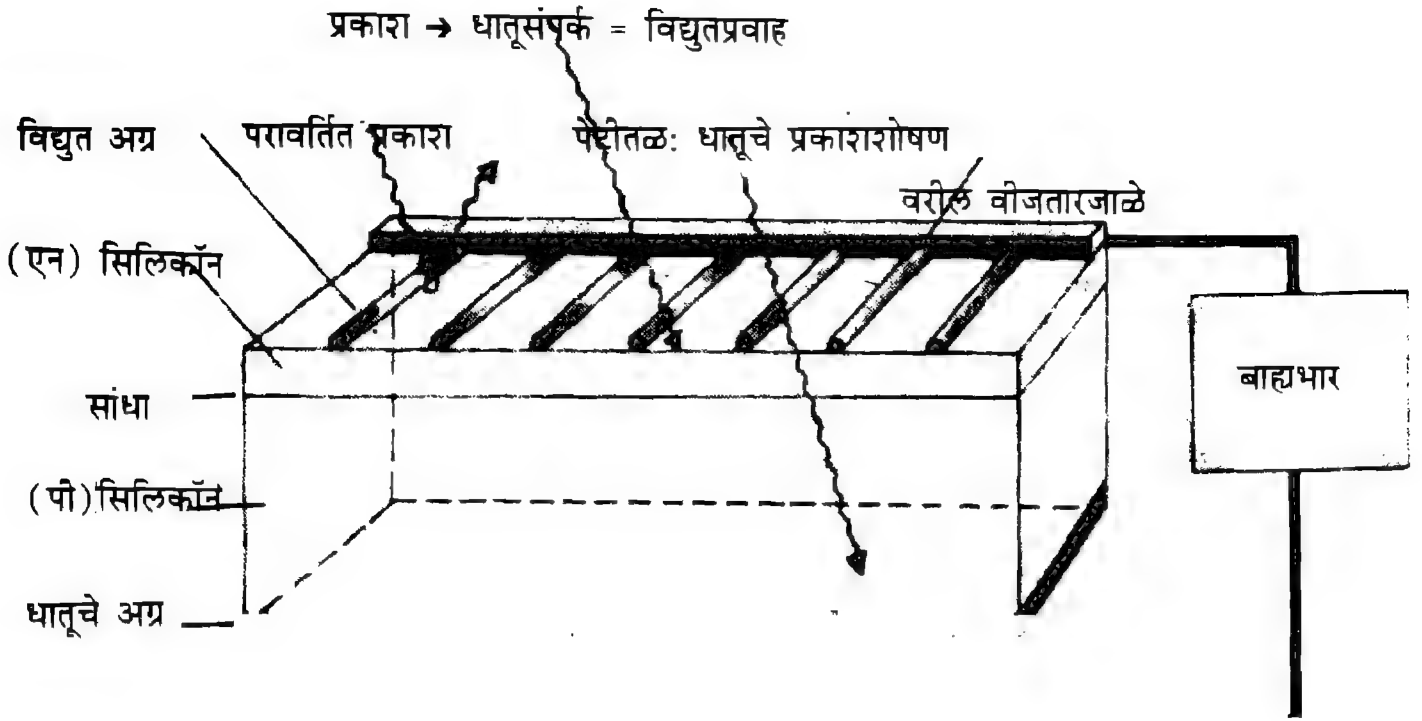
वर वर्णन केलेल्या पद्धतीत सौर उष्णतेचा उपयोग करतात. त्या ऐवजी या पद्धतीत सौर पट्ट्या वापरुन सूर्य ऊर्जेचे परस्पर विजेत रूपांतर करण्यात येते. या पद्धतीत देखभालीचा खर्च किरकोळ असतो आणि एकूणच पद्धत अधिक भरवशाची असते. या उलट सौर पट्ट्यांची पद्धत खर्चिक असून या पद्धतीत विद्युत साठवण करणे शक्य नसते. ते मिठाच्या द्रावण पद्धतीत सहज शक्य होते. सौर पट्टी पद्धत

आकृती 23 : मध्यवर्ती केंद्रातील मिठाच्या द्रावणात सौर ऊर्जा साठवून तिच्या मदतीने वाफचक्की आणि विद्युत जनित्र चालवून वीज निर्मिती केली जाते.

प्रकाशजन्य विद्युतवर अवलंबून असते. म्हणजे एखाद्या वस्तूवर प्रकाश पडला की त्यातून इलेक्ट्रॉन बाहेर पडतात. खरे म्हणजे हे तत्व बऱ्याच वर्षापूर्वीपासून माहीत होते तरी गारगोटीपासून अर्धवाहक तयार झाला तेव्हाच ही पद्धती वापरता येऊ लागली. सौर पट्टीचे तत्व सोपे आहे. अर्धवाहकावर पडलेल्या प्रकाशाची तीव्रता पुरेशी असेल तर अर्धवाहकाच्या धातूतील इलेक्ट्रॉन आपल्या नेहेमीच्या जागेवरुन हलतात आणि त्या धातूत मुक्तपणे फिरू लागतात. त्यामुळे इलेक्ट्रॉनची पूर्वीची जागा रिकामी होते अथवा रिकाम्या जागेमुळे धातूला खळगा पडतो. हा खळगा धन भाराचे काम करतो आणि जर या धन भाराशेजारील इलेक्ट्रॉन आपली जागा सोडून खळग्याच्या जागी आला तर खळगा दुसरीकडे सरकू शकतो. सौर पट्टीच्या धातूत जर इलेक्ट्रॉन आणि खळगा यामधील जागा विद्युत दाबाने घेतली तर या क्रियेमुळे विद्युत प्रवाह निर्माण होतो. ज्या धातूची सौर पट्टी बनवली असेल त्या धातूच्या अंगभूत गुणामुळे जर विद्युत दाब निर्माण होत नसेल तर त्या धातूत इतर गोष्टी अथवा दोपांट हे रसायन मिसळून अथवा सौर पट्टीला दोन अर्धवाहक जोडून विद्युत दाब निर्माण केला जातो. जेव्हा सिलिकॉनमध्ये फॉस्फरस मिसळला जातो तेव्हा त्यामध्ये इलेक्ट्रॉनचे प्रमाण वाढते आणि त्याला 'एन्' पद्धतीचा सिलिकॉन असे म्हणतात. उलट सिलिकॉनमध्ये जर बोरोन मिसळले तर त्याला 'पी'पद्धतीचा सिलिकॉन म्हणतात. यात खळग्यांचे प्रमाण अधिक मिळते. विरुद्ध स्वभाव धर्माचे हे दोन अर्धवाहक (एक जास्त इलेक्ट्रॉनवाला तर दुसरा कमी इलेक्ट्रॉनवाला) एकामेकाला जोडले तर जेथे ते जोडले जातात त्या सांध्यावर मुक्तभार गळून जातो आणि या सांध्यालगत आयन स्थिर होतात.

मुक्तभार आणि आयनच्या स्पर्शरेषेवर स्थिर पण विरुद्ध भाराचे आयन विद्युत क्षेत्र निर्माण करतात. त्यामुळे मुक्त इलेक्ट्रॉन एका बाजूला जातात तर मुक्त खळगे दुसरीकडे. अंधारात सौर पट्टीत विद्युत प्रवाह वहात नाही. पण तेच सौर पट्टीवर प्रकाशझोत टाकला तर विद्युत प्रवाह सुरु होऊन त्याचा वापर सुरु होतो.

शुद्ध सिलिकॉनपासून उत्तम आणि कार्यक्षम सौरपट्ट्या बनवता येतात. अवकाशयानात अशा पद्धतीच्या सौरपट्ट्या वापरुन वीज पुरवठा करण्यात आता यश मिळाले आहे. फोटो व्होल्टाइक सेलची एकंदर कार्यक्षमता 11 टक्के

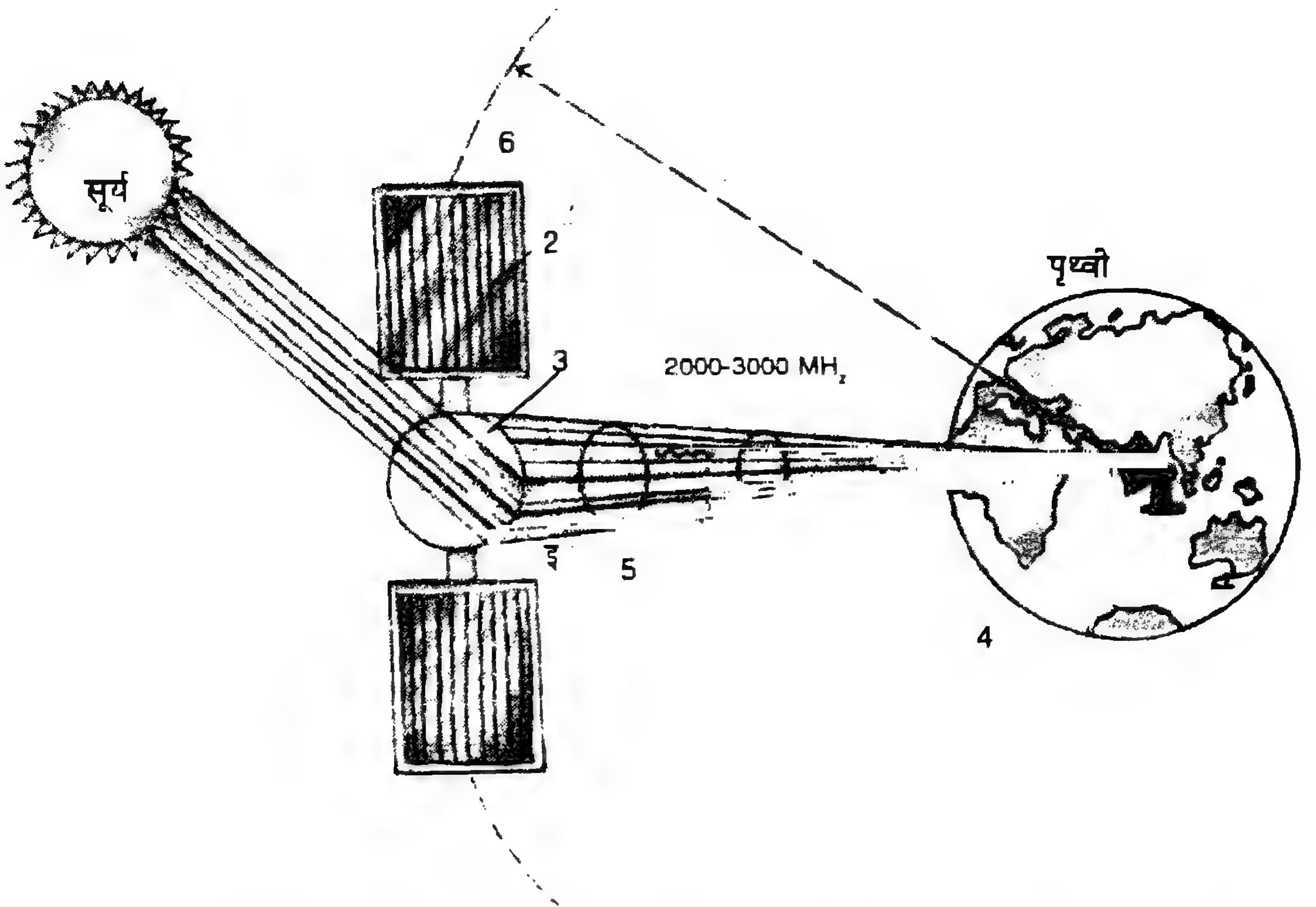


आकृती 24 : सिलिकॉन फोटो व्होल्टाईक सेल कसा कार्य करतो त्याचा आराखडा.

असते. परंतु या पट्टिकांच्या भारी किंमतीमुळे मोठ्या प्रमाणावरील विद्युत निर्मितीसाठी त्याचा अजूनपर्यंत सार्वत्रिक प्रसार होऊ शकला नाही. यावर मात करण्यासाठी स्वस्त किंमतीच्या धातूपासून सौर पट्ट्या बनवता येतील का असा प्रयत्न चालू आहे. या पद्धतीचा उपयोग केलेली कमी क्षमतेची विद्युत केंद्रे सध्या अस्तित्वात आहेत. अति दुर्गम प्रदेशात ही केंद्रे अधिक सोईची ठरतील.

अवकाशातून वीज

भविष्यकाळासाठी वीज मिळविण्याचा आणखी एक नवा प्रयत्न सध्या केला जात आहे. पृथ्वीभोवती फिरणाऱ्या अवकाश यानावर सौर ऊर्जा वापरणारे फोटो व्होल्टाईक सेल बसवून त्यापासून वीज मिळवून ती पृथ्वीवर पाठायची. जमिनीवर सौर पट्ट्या बसवून जेवढी वीज मिळवता येते त्याच्या पंधरापट वीज अवकाशयानातील सौर पट्ट्यांद्वारा मिळू शकेल. शिवाय ही वीज दिवसाचे चोवीस तास मिळू शकेल. अशा प्रकारे मिळालेली ही ऊर्जा सूक्ष्मतरंग किरणांनी पृथ्वीवर पाठवली जाते आणि अँटेनातून ती आपल्याला ग्रहण करता येते. अशी ही वीज आपल्या उपयोगाच्या विद्युत दाब वारंवारितेत नंतर बदलता येते. (आकृती 25)



आकृती 25 : मनुष्य निर्मित अवकाश यानात सौर ऊर्जेचा वापर करणारे फोटो व्होल्टाईक सेल बसवून त्याद्वारे पृथ्वीवर वीज पाठविण्याची नवी योजना.

सौर ऊर्जेचे जैविक रूपांतर

सूर्याचे ऊन्ह वनस्पतीवर, झाडांवर पडले. त्याचे प्रकाश संश्लेषण होऊन जैविक प्रक्रियेद्वारे ह्या सौर ऊर्जेचे रूपांतर वनस्पतीत साखर आणि पिष्टमय पदार्थ तयार होण्यात होते. ह्या गोष्टीत वनस्पतीसाठी लागणारे जणू ऊर्जा भांडारच असते. प्रकाश संश्लेषण कार्यक्षमतेने झाल्यामुळे भराभर वाढणारी झाडे, पिके वापरुन उरलेल्या काटक्या काडी-कचरा जाळून त्यापासून पाण्याची वाफ बनवता येते आणि पुढे औष्णिक विद्युत केंद्रासारखी वीज मिळवता येते. अशा प्रकारच्या वनस्पतींना 'ऊर्जा वनस्पती' म्हणायला हरकत नाही आणि ही झाडे सौर ऊर्जेवर वारंवार वाढवता येत असल्याने ती पुनरुज्जीवित ऊर्जेच्या वर्गीकरणातही मोडतात. या पद्धतीत कार्यक्षमता फक्त एक टक्का असते. पुढे ही लाकडे आणि काडी-कचरा वापरुन वीज निर्मिती होते, तेव्हा वापरलेल्या एकूण उन्हाचा विचार केला तर फक्त 0.3 टक्के कार्यक्षमता मिळते. या उलट सौर पट्टिकेचा उपयोग करुन 10 टक्के कार्यक्षमता मिळते.

अभ्यासकांना असे आढळून आले आहे की उष्णप्रदेशात वाढणारी

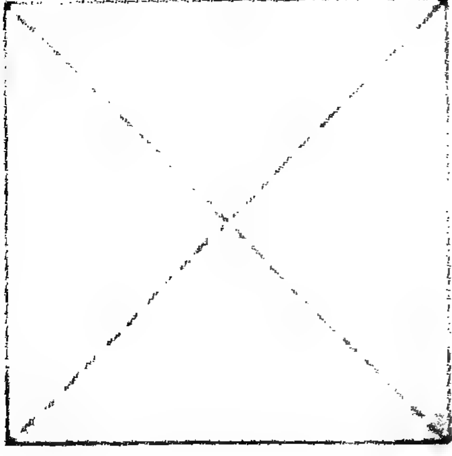
'कसावा' ही वनस्पती खऱ्या अर्थाने ऊर्जा पीक आहे. या पिकातून ऊर्जा संपृक्त अशा अनेक गोष्टी तर मिळवता येतातच पण आर्थिक दृष्ट्या विचार केला तर खनिज तेलापासून मिळणाऱ्या ऊर्जेपेक्षाही ती स्वस्त पडते.

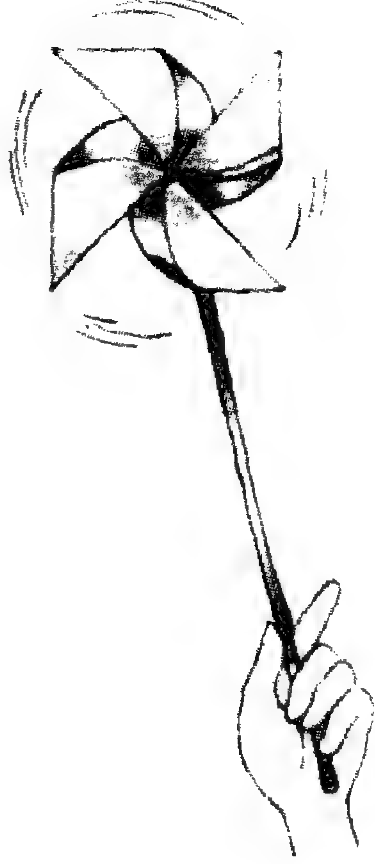
सूर्य उर्जेवर चालणारे हायड्रोजन जनित्र

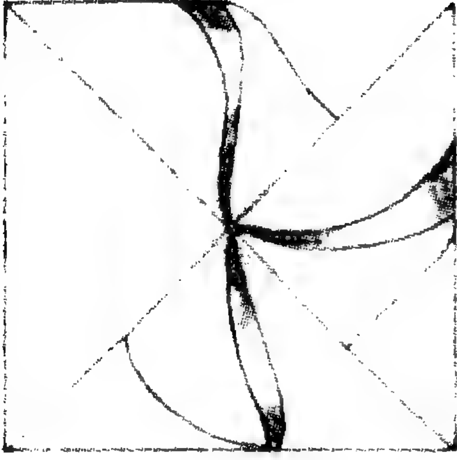
प्रकाश संश्लेषणाच्या प्रक्रियेत सुधारणा करून साखर आणि पिष्टमय पदार्था ऐवजी पाणी, सूर्यप्रकाश आणि हिरव्या वनस्पतीपासून हायड्रोजन बनविण्यास वैज्ञानिकांना आता यश आले आहे. हायड्रोजनचा सूक्ष्म जंतू फेनोत्पादक म्हणून घेतात आणि क्लोरोप्लास्टबरोबर काम करतात. प्रकाश संश्लेषण क्रियेत वनस्पती पाण्यातला हायड्रोजन खेचून घेतात तो वायूरुपात नव्हे तर आयन आणि प्रोटोनच्या रूपात. हे आयन आणि प्रोटोन मग कार्बन-डाय-ऑक्साईडबरोबर प्रक्रिया करुन कार्बोहायड्रेटस म्हणजेच वनस्पतीतील हरितद्रव्य बनवतात. आणि पाण्यातून प्रोटोन खेचून घेतल्यावर त्याबरोबर फेनोत्पादक हायड्रोजनच्या सूक्ष्मजंतूतून मिळवलेले इलेक्ट्रॉन एकत्र येऊन त्यापासून वायूरुपात हायड्रोजन मिळवतात. अशा पद्धतीने मिळवलेला हायड्रोजन साठवून ठेवतात आणि वीज उत्पादनासाठी इंधन म्हणून वापरतात. समुद्र शैवाल आणि सूक्ष्म जीवजंतू एकत्र करुन त्याच्या प्रकाश संश्लेषणातून हायड्रोजन मिळवता येतो. भविष्यासाठी ही सुद्धा एक आशादायक गोष्ट आहे. सूर्यप्रकाशाच्या सहाय्याने कृत्रिम रसायन वापरुन पाण्याचे पृथक्करण करण्यात अमेरिकन शास्त्रज्ञांना प्रथमच यश मिळाले आहे. पूर्वी पाण्याचे पृथक्करण हरितद्रव्य आणि डिहायड्रोजनीज रसायनाच्या सहाय्याने केले जात असे. या अमेरिकन रसायन शास्त्रज्ञांनी रुथेनियम नावाचे रसायन वापरुन पाण्याचे पृथक्करण त्याच्या हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन या मौलात केले. या रुथेनियम रसायनावर प्रकाश टाकला की ते संवेदनाक्षम होते. प्रकाश शोषून घेते आणि पाण्यातून हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन वेगळा करते.

पवन ऊर्जा

तापमानामुळे हवेत बदल होतात आणि वारा सुटतो. मग त्या संध्याकाळच्या मंद झुळुका असोत की रौद्र वादळाचा झंझावात असो. पृथ्वीवरील उष्ण

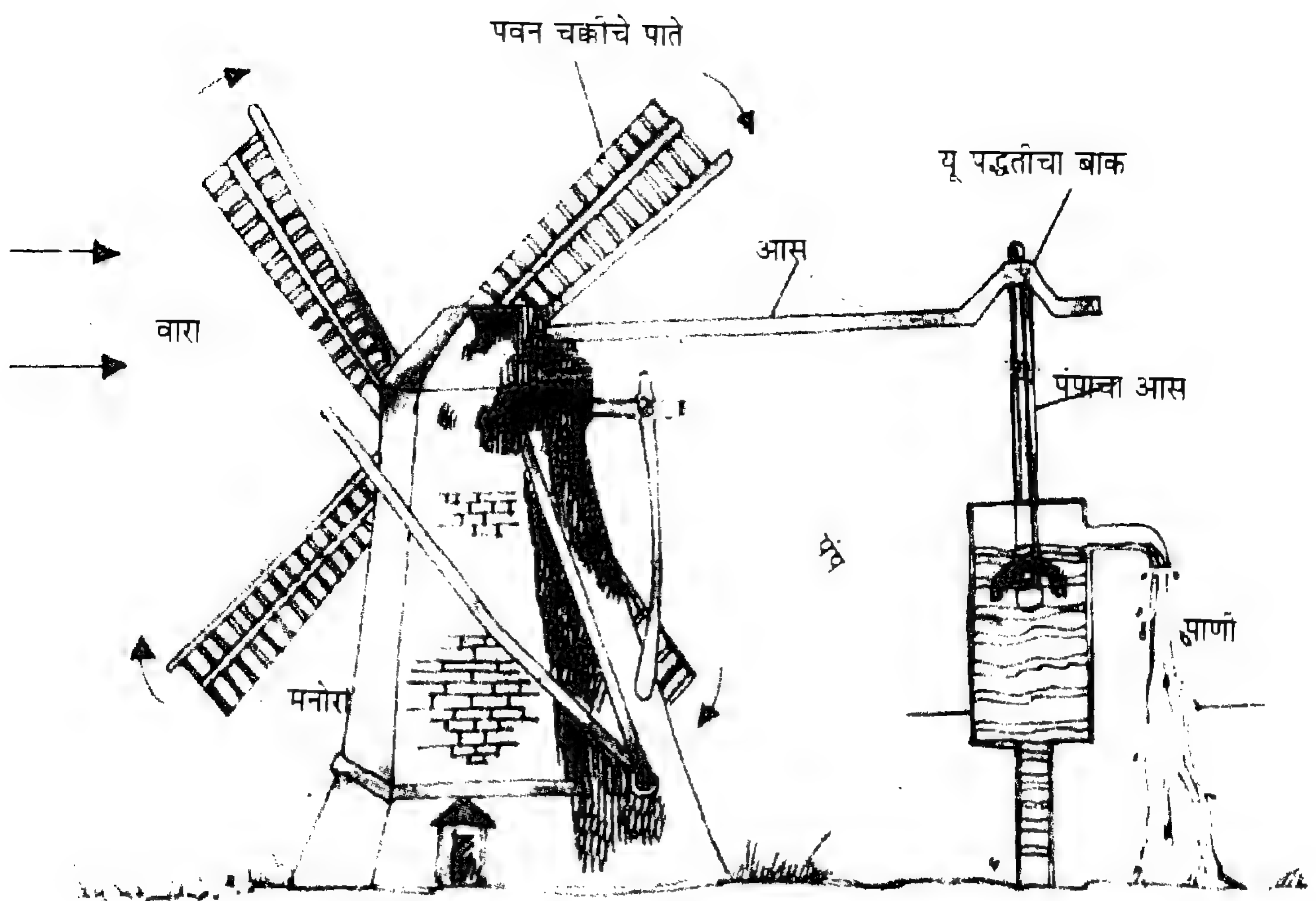






आकृती 26 : पातळ कागदापासून बनरलेले भिरभिरे वाऱ्यावर फिरते. लहान मुलांचे हे एक आवडते खेळणे आहे.

हवामानांचे प्रदेश आणि दोन्ही ध्रुवावरील थंड प्रदेश यांच्या तापमानातील फरक हाच वाऱ्यांच्या उत्पत्तीस कारणीभूत असतो. या वाऱ्याचा वापर करुन त्यावर शतकानुशतके शिडाची जहाजे चालत आली आहेत. धान्य दळले जात आहे आणि विहिरीतून पाणी खेचले जात आहे. सध्या पवन ऊर्जेपासून वीज निर्मितीही केली जाते. कागदाचे फिरके अथवा भिरभिरे वाऱ्यावर फिरते. लहान मुलांचे हे एक आवडते खेळणे आहे. त्यावर तोंडाने फुंकर मारली की ते फिरते. (आकृती 26) तीच कल्पना वापरून पवन चक्की बनवली गेली. ते एक मोठ्या आकाराचे भिरभिरेच म्हणायचे. पाणी खेचण्यासाठी अनेक प्रकारच्या पवनचक्क्या आपल्या देशात विकसित केल्या आहेत. (आकृती 27) 50 मीटर खोलीवरुन पाणी खेचून काढणाऱ्या पवनचक्क्यासुद्धा यात मोडतात. वारा हा कधीच संपणारा नसल्याने ही सतत मिळणारी ऊर्जा आहे. एका अंदाजाप्रमाणे

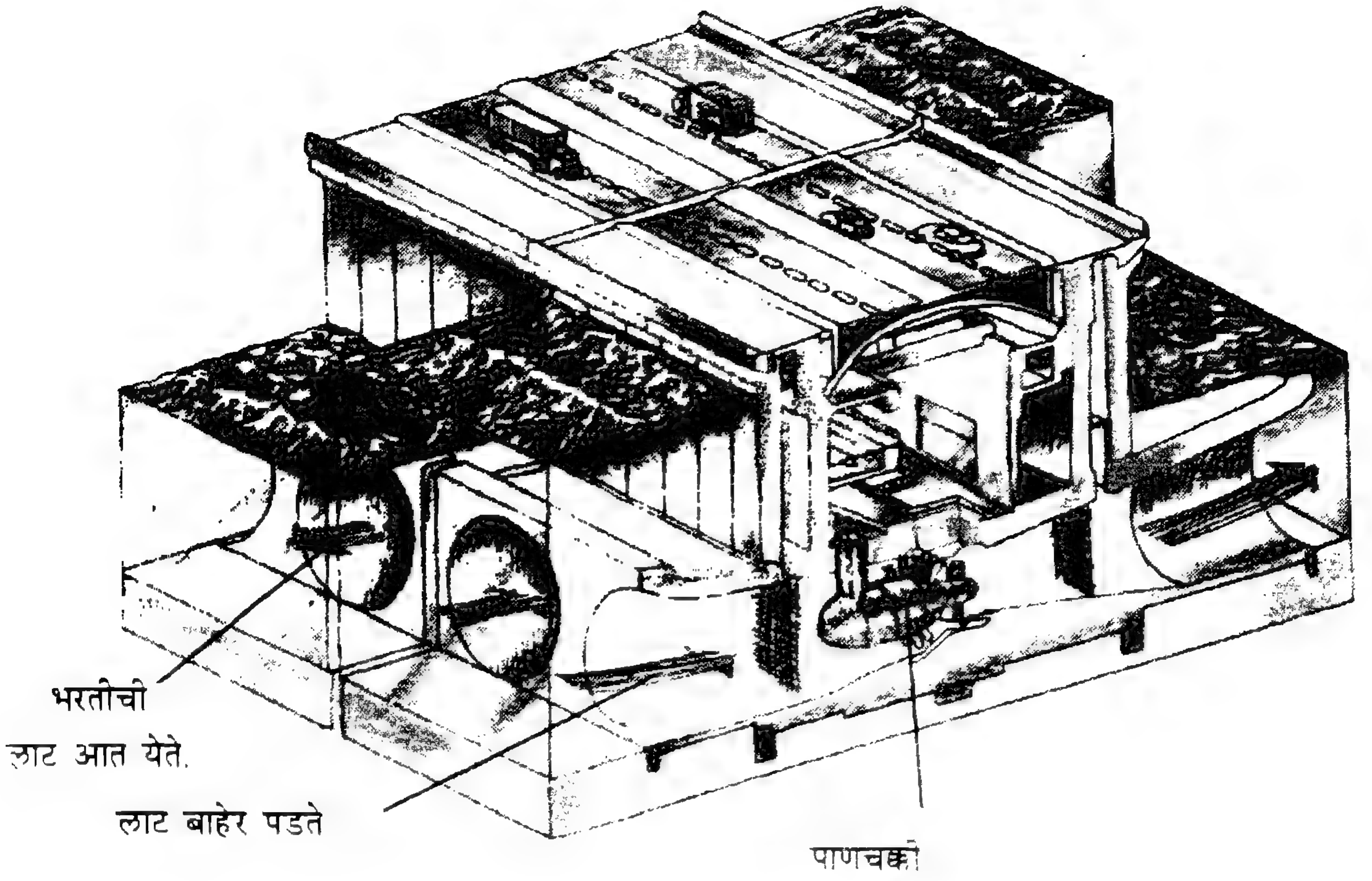


आकृती 27 : जमिनीखालील पाणी वर खेचून आणण्यासाठी पवनचक्कीवर चालणाऱ्या पंपाचा वापर केला जातो.

पवन ऊर्जेपासून दरवर्षी जगात 175 ते 220 x 10^{21} वॉटतास ऊर्जा आपल्याला मिळू शकेल. हा आकडा मोठा आकर्षक आणि आश्वासक आहे. आज संपूर्ण जगात नाना प्रकारे मिळालेली जेवढी ऊर्जा वापरली जाते त्याच्या 2.7 पट ही ऊर्जा आहे.

जल विद्युत शक्ती

वाहते पाणी हा सहजी उपलब्ध असणारा आणि फुकट मिळणारा ऊर्जेचा एक स्त्रोत आहे. त्याच्या वापराने वातावरण प्रदूषित होत नाही. वाहते पाणी पाणचक्की फिरवण्यास उपयोगी पडते आणि मग वीज बनवता येते. अशा तऱ्हेने वाहते पाणी जलविद्युत केंद्राचा पाया ठरते.. (आकृती 28) त्या प्रक्रियेत धरणाच्या मागील जलाशयात साठविलेले पाणी उंचावरुन मोठ्या पाणचक्कीच्या पात्यांवर पाडतात. त्याने पाणचक्की फिरते आणि वीज निर्मिती होते. भारतात अनेक जलविद्युत केंद्रे आहेत. पंजाबातील भाक्रा नानगल धरण, सातारा जिल्ह्यातील



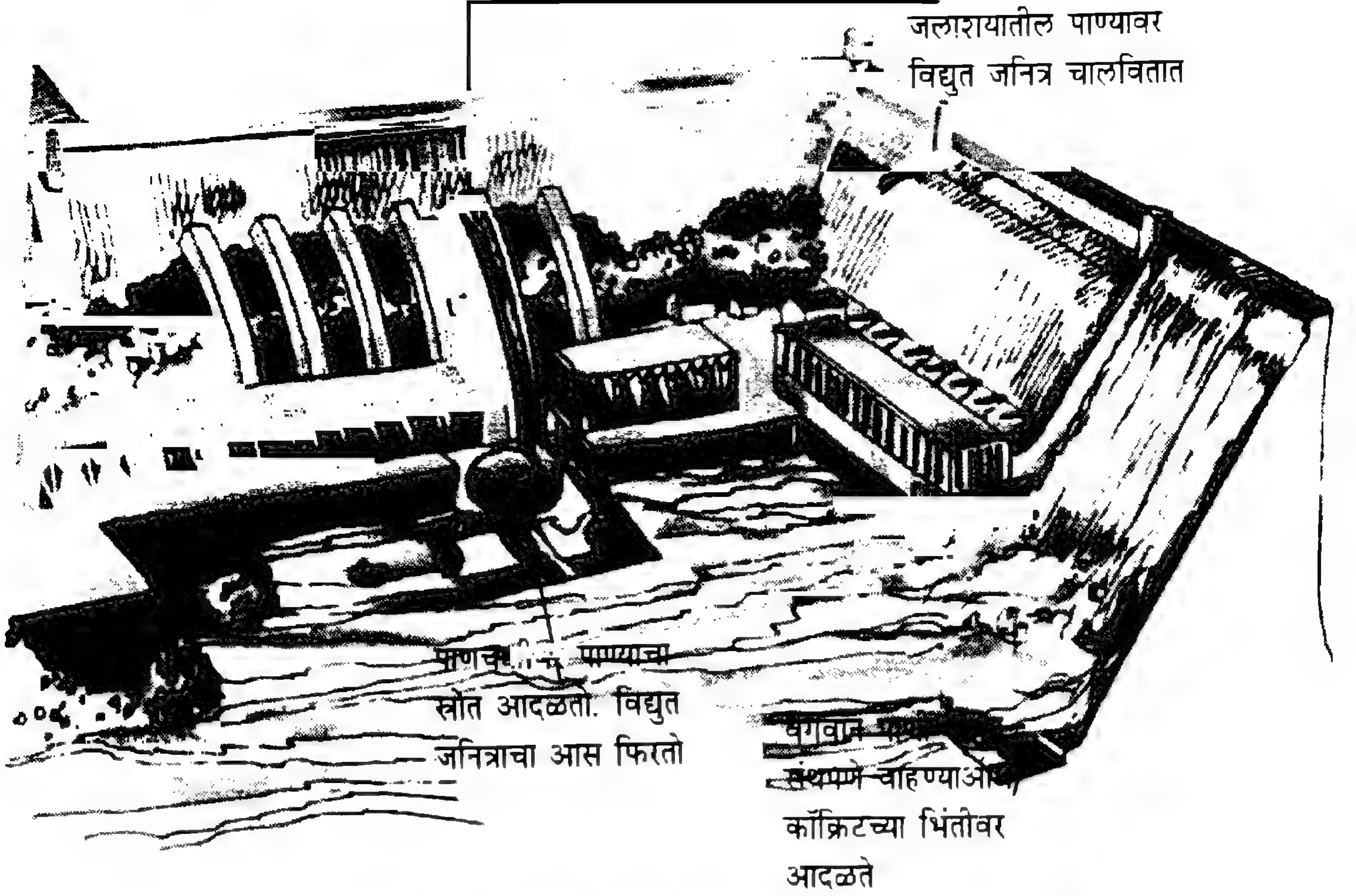
आकृती 28 : जलाशयात पाणी साठवून ते पाणचक्कीत नेतात आणि मग वीज बनवली जाते.

कोयना धरण, पश्चिम बंगालमधील दामोदर खोरे योजना, बिहारमधील हिराकूड आणि कोसी योजना आणि आंध्र प्रदेशातील नागार्जुन सागर योजना या त्यातील जल विद्युत केंद्राच्या काही योजना होत. भारतात एकूण जेवढे विजेचे उत्पादन होते त्यातला महत्वाचा हिस्सा या योजनांचा आहे. या शिवाय कालवे आणि पाटबंधाऱ्यावर 50 ते 100 किलोवॅट वीज निर्मितीच्या छोट्या छोट्या योजना व्हाव्यात या साठी सातव्या पंचवार्षिक योजनेत प्रयत्न होत आहेत. 150 आणि 200 किलोवॅटच्या दोन योजना हिमाचल प्रदेशात आणि 300 किलोवॅट क्षमतेची एक योजना हरयाणातील काकरोई येथे उभारली जात आहे.

सागरी ऊर्जा

लाटांची ऊर्जा

चंद्राच्या गुरुत्वाकर्षण ताणामुळे समुद्रात उंच उंच लाटा उठतात आणि नाहिशा होतात, हे आपण नेहमी पाहतो. लाटांमधील ही ताकद वापरुन ऊर्जा निर्मिती करणे शक्य असते. मात्र यासाठी भरती आणि ओहोटीच्या लाटेत काही मीटर



आकृती 29 : पाण्याची लाट उसळते तेव्हा पाणी आत येते आणि पाणचक्की फिरवते.

उंचीचा फरक असावा लागतो. जगातील पहिले सागरी ऊर्जा केंद्र फ्रान्समधील रान्स नदीवर वसवले आहे. त्यातून विद्युत निर्मिती होते. या नदीकाठी इंग्लिश खाडीच्या पाण्यात 14 मीटर उंचीच्या लाटा निर्माण होतात. (आकृती 29) लाट उठत असताना धरणाचे दरवाजे खोलून लाटेने पूर्ण उंची गाठल्यावर दरवाजे बंद केले जातात. त्यामुळे रान्स नदीच्या या धरण क्षेत्रात 23 चौरस किलोमीटरचे कुंड तयार होते. लाट पडली की पाणी धरणाबाहेर सोडले जाते. पाणी बाहेर जाताना 13-13 मेगावॅट क्षमतेची 24 जनित्रे फिरतात. आणि सरासरीने 310 मेगावॅट वीज निर्माण होते. गोव्याच्या समुद्र विज्ञान संस्थेने भारतात लाटेच्या ताकदीचा उपयोग करुन वीज निर्मिती कशी करता येईल याचा अभ्यास केला आहे. पश्चिम किनाऱ्यावरील कच्छचे रण, खंबायतचे आखात आणि पूर्व किनाऱ्यावर सुंदरबन क्षेत्रात लाटांचा उपयोग करुन वीज निर्मिती करता येईल असे आढळून आले आहे.

जगात जेवढी जलविद्युत निर्मिती होऊ शकते त्याच्या 2 टक्के वीजच लाटांची ऊर्जा वापरुन मिळेल. सागरी ऊर्जा केंद्राचा भांडवली खर्च बराच जास्त तर आहेच पण त्यातून मिळणारी वीजही शाश्वतीची नाही. जेथे उंच उंच लाटा

उठतात तेथे त्याचा उपयोग करून घेणे महत्वाचे आहेच कारण जलविद्युत पावसाळ्यावर अवलंबून असते.

तरंगापासून वीज

लाटांच्या उंचीतला फरक नियमितपणे बदलत रहातो. पण समुद्राच्या पाण्यावर उठणारे तरंग मात्र सतत उठतात. तरंगाच्या उंचीतला चढ उतार वापरून ऊर्जा निर्मिती करता येते. त्रिवेंद्रमजवळील विझिंजम येथे भारतातले पहिले तरंग ऊर्जा निर्मिती केंद्र सुरू झाले आहे. भारत सरकारच्या सागरी विकास खात्याने 150 मेगावॉट क्षमतेचा हा प्रकल्प तो प्रायोजित केला आहे. मद्रास आय.आय.टी. तील सागर अभियांत्रिकी केंद्राशी संलग्र असलेल्या तरंग ऊर्जागारातर्फे आणि राज्य बंदर अभियांत्रिकी खात्यातर्फे तो चालविला जातो. त्यातील 80 किलोवॉट वीज केरळ राज्य विद्युत मंडळाला पुरवली जाते. पाण्याच्या साठ्यात उठणाऱ्या तरंगामुळे पवनचक्की फिरवली जाते. पवनचक्कीची रचना अशी असते की ती एकाच दिशेने फिरते, मग हवा कशी का फिरेना. या प्रकल्पाच्या वैज्ञानिकांचा असा दावा आहे की तरंग ऊर्जेचे हे केंद्र जगातले असे एकमेव केंद्र असून ते विविधलक्ष्यी आहे. ते समुद्र तळाशी बसवले आहे. परिसर आणि पर्यावरणाच्या दृष्टिकोनातून विचार केला तर हे केंद्र प्रदूषणरहित आहे. त्यातून कोणत्याही प्रकारचा गाळसाळ मागे उरत नाही. या केंद्राचा सर्वात मोठा फायदा असा की त्यातून वर्षभर सातत्याने ऊर्जा मिळत रहाते. मात्र ती एक सारख्याच प्रमाणात मिळेल याची खात्री नसते.

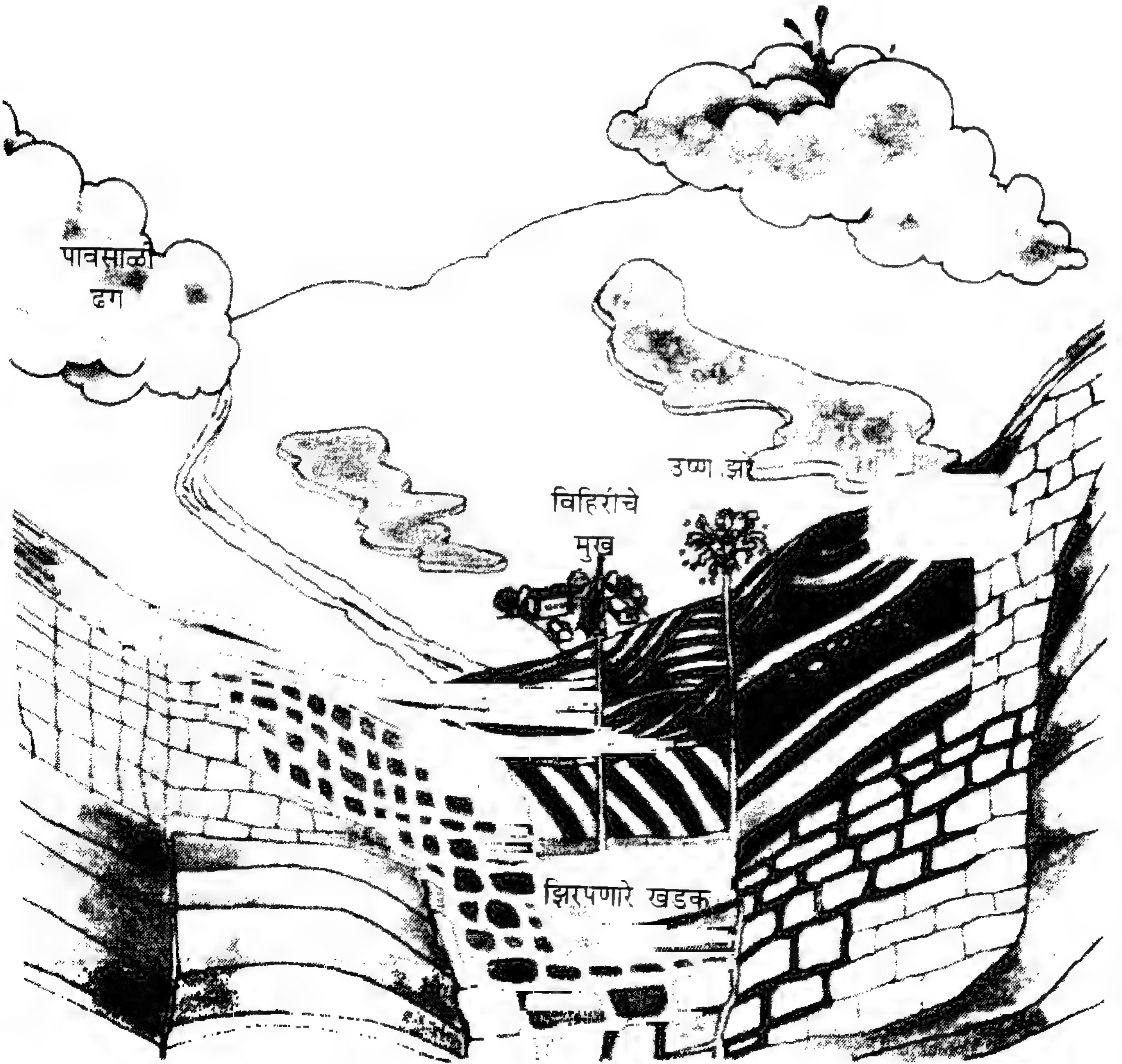
समुद्रातील पाण्याच्या उष्मा फरकापासून ऊर्जा निर्मिती

सूर्याच्या उन्हामुळे समुद्राचे पाणी तापते. समुद्राच्या पाण्याच्या पृष्ठभागाचे आणि खोलवरच्या पाण्याचे तापमान वेगवेगळे असते. या वेगवेगळ्या तापमानातील फरकाचा उपयोग करुन त्यापासून वीज निर्मिती करता येते. यामध्ये पृष्ठभागातील पाण्याच्या तापमानावर अमोनिया, प्रॉपेनसारखे कमी तापमानाला उकळणारे द्रव पदार्थ गरम करतात यांची वाफ चक्कीत प्रसरण पावली की जनित्र चालवून वीज निर्माण करता येते. चक्कीतून बाहेर पडणाऱ्या वाफांचे द्रवीभवन

करण्यासाठी वाफा नळीतून समुद्रातच पण कमी तापमानाच्या पाण्यात आणि अधिक खोलीवर पाठविल्या जातात. अशाप्रकारे द्रव रुपातील अमोनिया अथवा प्रॉपेन परत बाष्पकात आणून गरम करण्याचे आणि त्यातून पुन्हा चक्की चालविण्याचे चक्र सुरू होते. या संपूर्ण प्रक्रियेची कार्यक्षमता 2 टक्के एवढीच असते. समुद्राच्या पाण्यातील तापमान फरकामुळे उपलब्ध होणारी उष्णता प्रचंड आहे आणि ती सातत्याने निर्माण होत असते.

भूगर्भातील उष्णतेपासून ऊर्जा

उष्णतेच्या दोन स्त्रोतात आपण रहातो हे तुम्हाला ठाऊक आहे का? एक



आकृती 30 : जमिनीखाली जेव्हा लाव्हा असतो त्याच्या जवळचे जमिनीखालचे पाणी गरम होते आणि तेथेच जमिनीवर ते गरम पाण्याच्या झऱ्याच्या स्वरूपात मिळते.

प्रचंड गरम आहे. आपण जसजसे जमिनीखाली खोल खोल जातो तसतशी उष्णता वाढत जाते. जमिनीखाली खूप गरम पदार्थ आहेत. काही ठिकाणी हे गरम पदार्थ अगदी जमिनीच्या पृष्ठभागाजवळ अथवा लाव्हा रसाच्या रुपात जमिनीबाहेर उफाळून येतात. ज्या ठिकाणी हे गरम पदार्थ जमिनीच्या अगदी पृष्ठभागाजवळ येतात तेथील जमिनीखालचे पाणी खूप गरम होते, पाण्याची क्वचित प्रसंगी वाफही होते आणि गरम पाण्याच्या झऱ्याच्या स्वरूपात ते बाहेर पडते. (आकृती 30) ज्या ठिकाणी अशी परिस्थिती असते त्या ठिकाणाला भूऔष्णिक प्रभाग म्हणतात. वायव्य हिमालय आणि पश्चिम किनारा हे भारतातील भूऔष्णिक प्रदेश म्हणून ओळखले जातात. भारतीय भू सर्वेक्षण संस्थेने आतापर्यंत गरम पाण्याच्या झऱ्यांची 350 क्षेत्रे शोधून काढली असून भू-औष्णिक ऊर्जा मिळविण्याचे हे स्त्रोत आहेत. आय.आर.एस. 1 सारख्या उपग्रहांनी अवरक्त किरणांच्या सहाय्याने आकाशातून जमिनीची चित्रे काढली. त्यातून ही भू-औष्णिक ऊर्जा देणारी क्षेत्रे सापडली आहेत. एकदा का हे क्षेत्र सापडले की मग कातळाला जमिनीत खोलवर भोके पाडून उष्णता मिळवली जाते. बऱ्याच ठिकाणी जमिनीला पाडलेल्या विंधण छिद्रातून उच्च दाबाची गरम वाफ मिळते. त्याचा उपयोग करुन वाफचक्की चालवता येते. जेंथे अशा छिद्रातून वाफ आपली आपण बाहेर येत नाही तेथे आणखी एक छिद्र पाडून त्यातून उच्च दाबाने पाणी पाठवतात. आणि त्या पाण्याचा उपयोग करुन आत दडून बसलेले गरम पाणी अथवा वाफ बाहेर खेचून काढली जाते. अशा वाफेचा उपयोग करुन वाफचक्की चालवतात. गरम पाणी मिळाले तर थंड प्रदेशातील घरे आणि कार्यालये गरम ठेवण्यासाठी त्याचा उपयोग करतात. जम्मू काश्मीर राज्यातील लडाखजवळ समुद्र सपाटीपासून 4500 मीटर उंच असणाऱ्या पुगा खोऱ्यात असे एक आशादायक भू-औष्णिक क्षेत्र आहे. त्यातून सध्या एक किलोवॅट वीज निर्माण होत आहे. पुगा खोऱ्यात ऐन थंडीत गोठण बिंदुखाली 35 अंश तापमान असते. त्यावेळी घरे गरम ठेवण्यासाठी या भू-औष्णिक ऊर्जेचा उपयोग करतात. कुक्कुटपालन, आळंबी उत्पादन आणि पश्मिना लोकर प्रक्रियेसाठी गरम वातावरणाची जरुरी असते. पुगा खोऱ्यातील भू-औष्णिक ऊर्जा त्यासाठीही वापरली जाते.

भू-औष्णिक ऊर्जा हे एक आशादायक क्षेत्र आहे असे वाटले तरी ही ऊर्जा प्रदूषणमुक्त मात्र नाही. जमिनीखाली मिळणाऱ्या वाफेत, सडलेल्या अंड्यासारखा वास असणारा हायड्रोजन सल्फाईड वायू आणि नदी ओहोळात सापडणाऱ्या मासे आणि इतर जलचर प्राण्यांना विषारी ठरु शकतील असे अनेक क्षार मिसळलेले असतात.

ऊर्जा साठा

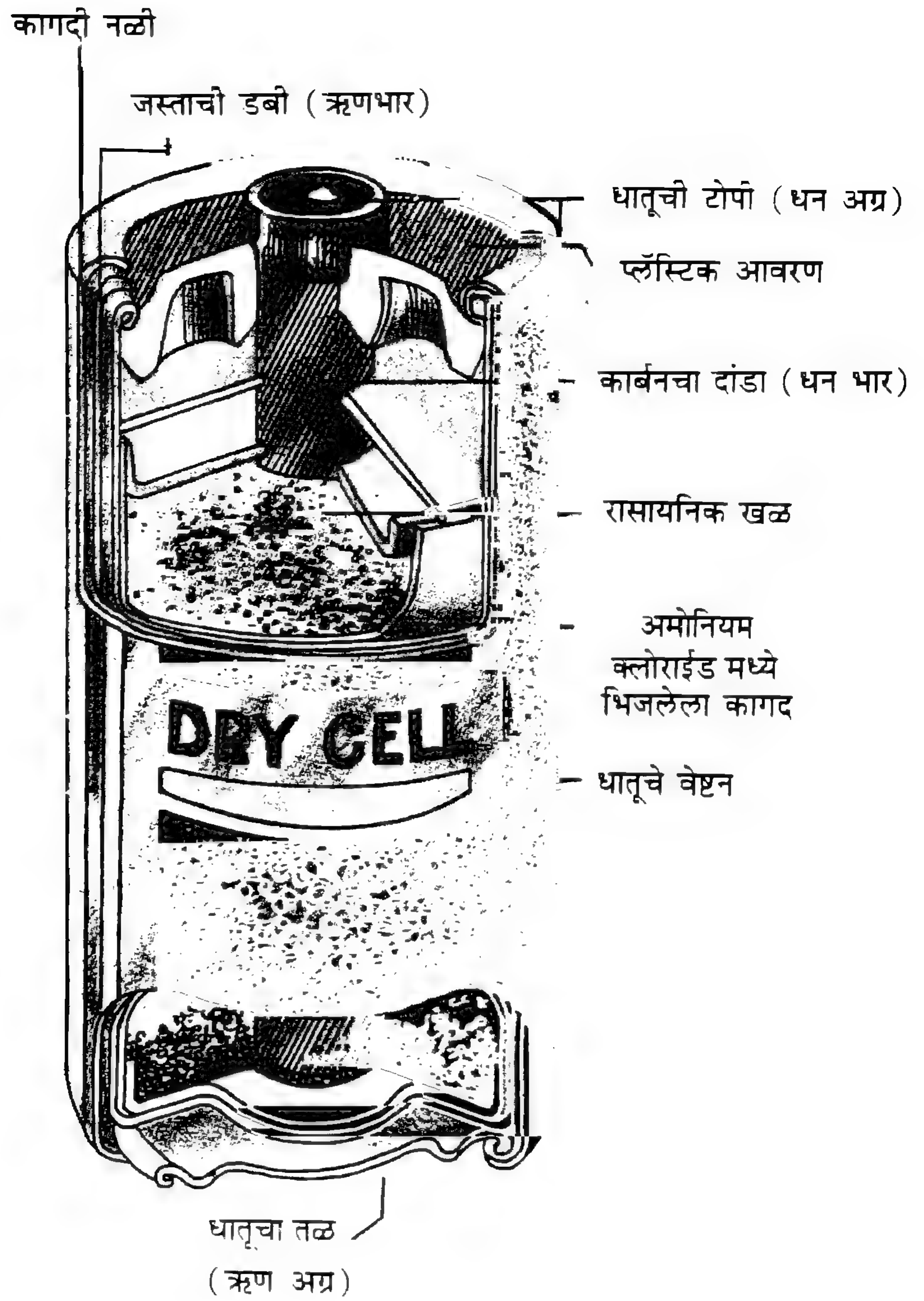
आतापर्यंत वर्णन केलेल्या अनेक स्त्रोतांपासून वीज बनवताना एक अडचण नेहमी जाणवते आणि ती म्हणजे विजेच्या मागणीत सातत्य नसते. मागणी नेहमी कमी जास्त होते. कारखाने आणि अनेक औद्योगिक संस्था चालविण्यासाठी दिवसा वीज मोठ्या प्रमाणावर लागते. रात्री मात्र विजेची गरज खूप कमी असते. वीज साठवून ठेवण्याचे जर काही तंत्रज्ञान उपलब्ध असले तर रात्रीसुद्धा वीज निर्मितीची सर्व जनित्रे पूर्ण क्षमतेने चालवून अशा पद्धतीने साठवलेली वीज गरज भासेल तेव्हा वापरून वीज टंचाईवर मात करता आली असती.

विजेची साठवण छोट्या प्रमाणावर हवी की मोठ्या प्रमाणावर यावर ती कशी साठवायची यासाठी दोन मार्ग आहेत.

कमी प्रमाणावरील साठवण

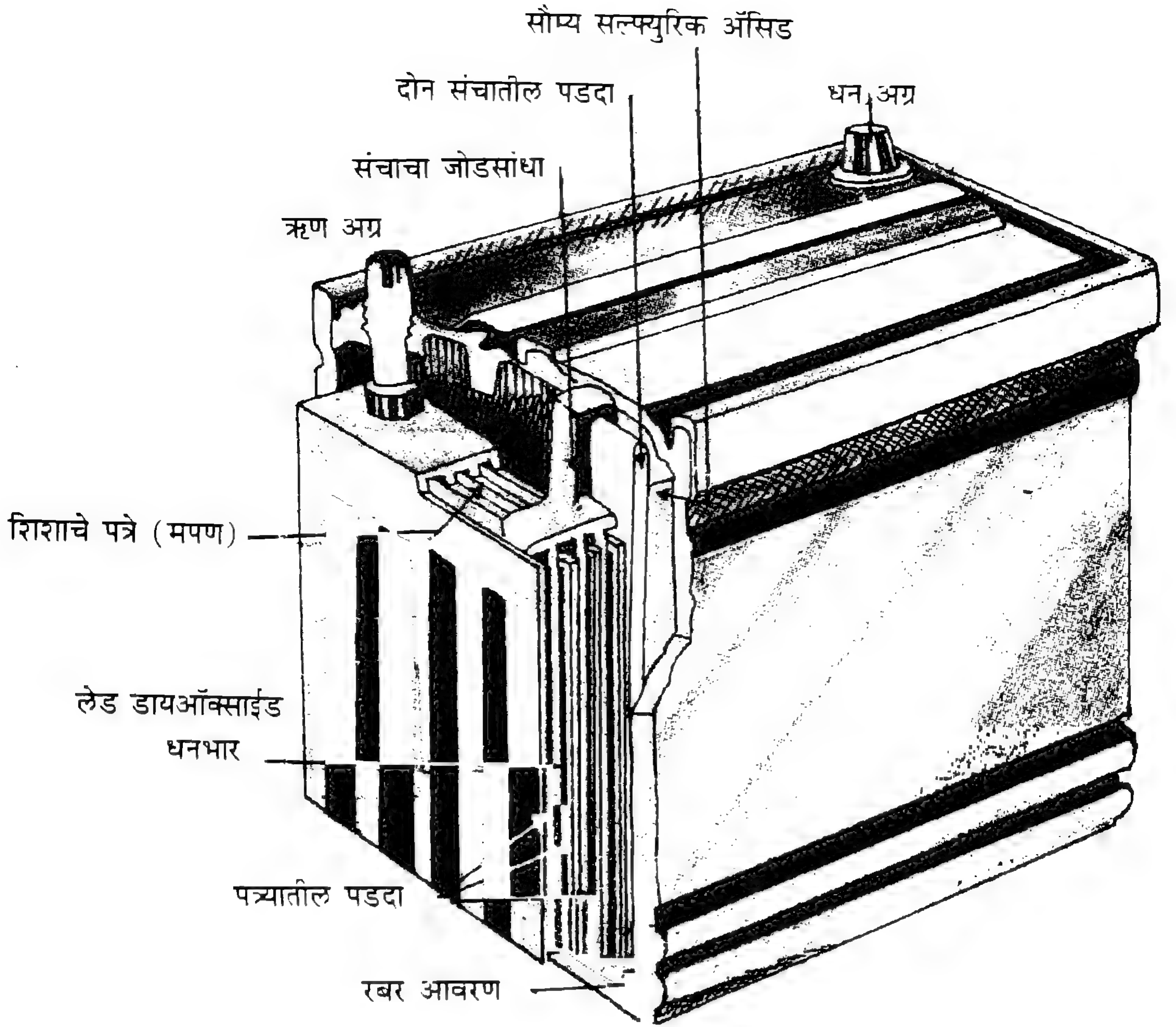
छोट्या प्रमाणावर विजेची साठवण करायची असेल तर बॅटरी अथवा इंजन घट उत्तम. बॅटरीमध्ये विजेचे अनेक संच असतात. विजेच्या संचात रासायनिक अभिक्रिया होऊन विजेचा प्रवाह मिळतो. विद्युत जनित्राद्वारे निर्माण होणाऱ्या विजेच्या तुलनेत बॅटरीतून मिळणारी वीज फार महाग असते. पण बॅटरी (विद्युत रासायनिक संच) सुटसुटीत आकाराची आणि सहजी इकडे तिकडे नेण्यासारखी सोईची असते. त्यामुळे अनेक उपकरणात वापरण्यासाठी बॅटरीची निवड करतात. विद्युत घट दोन प्रकारचे असतात. प्राथमिक आणि दुय्यम.

व्होल्टाईक संच हे प्राथमिक घटाचे उत्तम उदाहरण आहे. (आकृती 31) या घटात जस्त आणि तांब्याचे पत्रे असून ते सल्फ्युरिक ॲसिडच्या द्रावणात बुडवलेले असतात. हे द्रावण विद्युत विच्छेदक म्हणून काम करते. विद्युत विच्छेदकात धन आणि ऋण आयन असले तरी एकूणात हा विद्युत विच्छेदक



आकृती 31 : प्राथमिक घट आणि शुष्क घटाचा अंतर्भाग. हा घट विद्युत मंडलाला जोडला की विद्युत प्रवाह सुरू होतो. पण या घटाचे आयुष्य फार कमी असते.

उदासीन असतो. तो ना धड धन असतो ना धड ऋण. द्रावणात तांब्यापेक्षा जस्त चटकन विरघळत असल्याने द्रावणात जस्ताचे धन आयन जमा होतात आणि पत्र्याच्या तुलनेत जस्ताचा पत्रा ऋणभारीत असतो. जेव्हा घटाच्या अग्रापाशी विद्युत मंडल पुरे होते त्यावेळी तांब्याच्या पत्र्याकडे इलेक्ट्रॉनचा ओघ जाऊन विद्युत प्रवाह सुरु होतो. द्रावणात जस्ताचे प्रमाण वाढून ते संपृक्त झाले आणि आहे त्यापेक्षा अधिक जस्त द्रावणात विरघळू शकणार नाही अशी अवस्था निर्माण झाली की घटाचे आयुष्य संपले. घट परत वापरण्यासाठी विद्युत विच्छेदक म्हणून काम



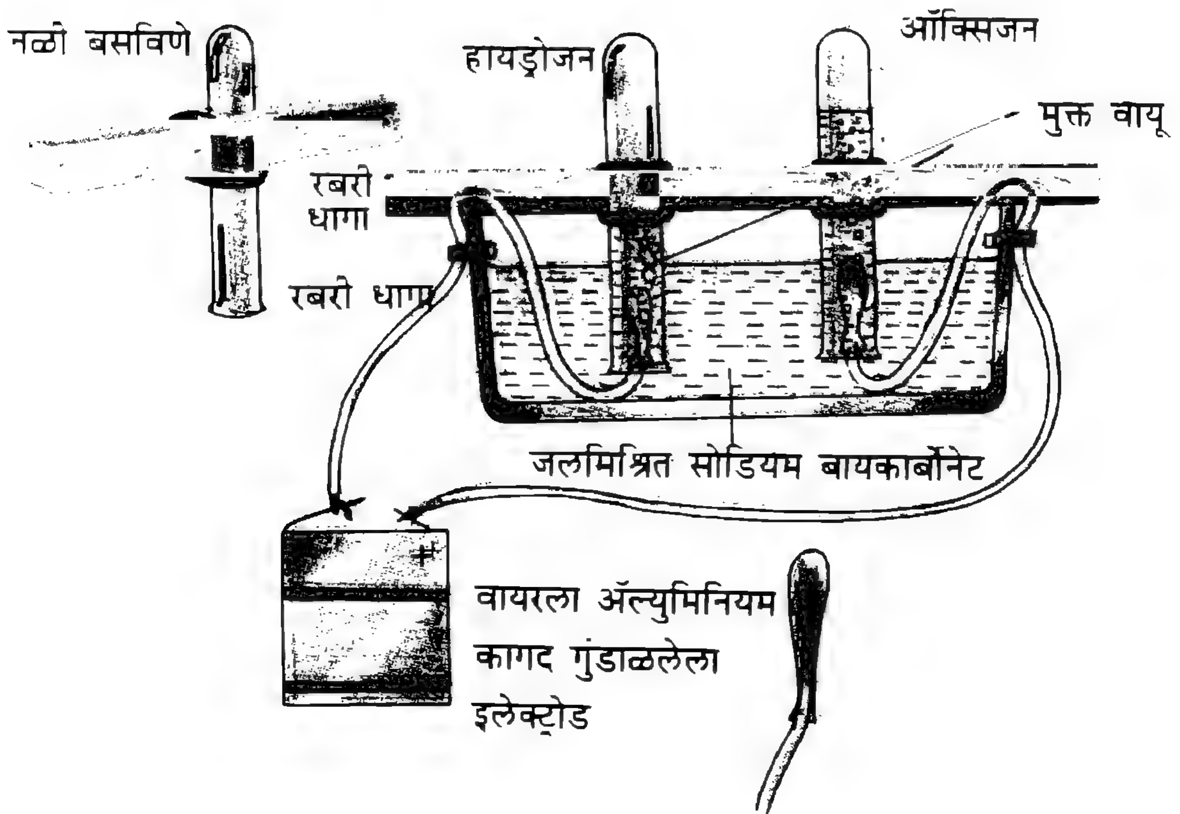
आकृती 32 : साठवण बॅटरीतील दुय्यम घट पुन्हा पुन्हा विद्युत भारीत करता येतात.

करणारे सल्फ्युरिक ॲसिड बदलावे लागते. जोपर्यंत जस्त शिल्लक आहे तोपर्यंत ॲसिड बदलून घट पुनरुज्जीवित करता येतो. जस्त संपले की घट संपला असे म्हणायचे. प्राथमिक घट कमी काळ टिकतो ही आतली अडचणीची बाब आहे. जो विद्युत घट भारमुक्त झाल्यावरही पुन्हा पुन्हा विद्युतभारीत करता येऊन त्यातून मिळणारी ऊर्जा परत नव्या घटासारखी मिळू शकेल, तो घट अधिक उपयोगाचा ठरु शकतो. काही घटांच्या बाबतीत असे करणे शक्य असते. त्यांना दुय्यम घट म्हणतात. अशा अनेक घटांच्या संचाला बॅटरी म्हणतात. याचे कारण जनित्राद्वारे बॅटरी विद्युत भारीत करता येते आणि वीज साठवून ठेवून वापरता येते. बॅटरीत रासायनिक बदल घडून येतात आणि साठवून ठेवलेली विद्युत ऊर्जा वापरायला मिळते. अशी बॅटरी काही तासात विद्युत भारीत करता येते आणि नंतर वापरता येते. (आकृती 32)

अखंड वीज पुरवठा करणाऱ्या उपकरणात अशा बॅटरी वापरल्या जातात. अशी उपकरणे महागड्या यंत्रात, संगणकात अथवा महत्वपूर्ण कामगिरी बजावणाऱ्या गोष्टीत वापरतात. झोके घेणाऱ्या आंदोलकाला बॅटरी जोडून डी.सी. वीज पुरवठ्याचे ए.सी. वीज पुरवठ्यात रुपांतर करतात. अशा रुपांतरातून 220 व्होल्टचा (भारतातील प्रचलित विद्युत दाब) आणि 50 हर्टस् वारंवारितेचा वीज पुरवठा मिळतो.

मोठ्या प्रमाणावरील साठवण

घरात अथवा कारखान्यात मोठ्या प्रमाणावर विजेचा पुरवठा हवा असेल तेव्हा या बॅटरीचा उपयोग होत नाही. या साठीचे एक उदाहरण म्हणजे सहकारी सोसायट्यांच्या तळमजल्यावरून गच्चीवरच्या टाकीत पंपाच्या सहाय्याने चढवावे लागणारे पाणी. रात्री जेव्हा सर्वत्र विजेची गरज कमी असते तेव्हा असे पाणी वरच्या मजल्यावर चढवून ठेवावे. इतरत्र जेथे नदी अथवा तलावातून पाणी खेचावे लागते तेथेही हे काम रात्री करता येईल. उंचावर साठवलेले पाणी पाणचक्की चालवून वीज निर्मितीसाठीसुद्धा वापरता येईल आणि अशी वीज



आकृती 33 : पाण्यात बॅटरीची वीज सोडून पाण्याचे विद्युत विच्छेदन करतात. त्यातून हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन मिळतो हे दाखवणारा एक सोपा प्रयोग.

जास्त गरजेच्या वेळी मिळवता येईल. त्रिवेंद्रममध्ये फार पूर्वीपासून अशी एक यंत्रणा अस्तित्वात आहे.

विद्युत ऊर्जेचा साठा करण्यासाठी हायड्रोजन वायूचाही चांगला उपयोग होऊ शकतो. विजेला कमी मागणी असते तेव्हा पाण्याचे पृथक्करण करून हायड्रोजन वायू मिळवतात. (आकृती 33) विजेऐवजी घरांना आणि कारखान्यांना हायड्रोजन वायू पुरवून, तो जाळून, औष्णिक ऊर्जा मिळवता येते. हायड्रोजन वायूचे इंधन हे सर्वात स्वच्छ इंधन असते. हा आणखी एक फायदा. हायड्रोजन वायू जाळून मिळणारी ज्योत चांगली आच देते आणि ज्वलनानंतर कोणताही त्रासदायक वास सुटत नाही. त्यामुळे बंद घरातही हा वायू जाळण्यासाठी योग्य असतो.

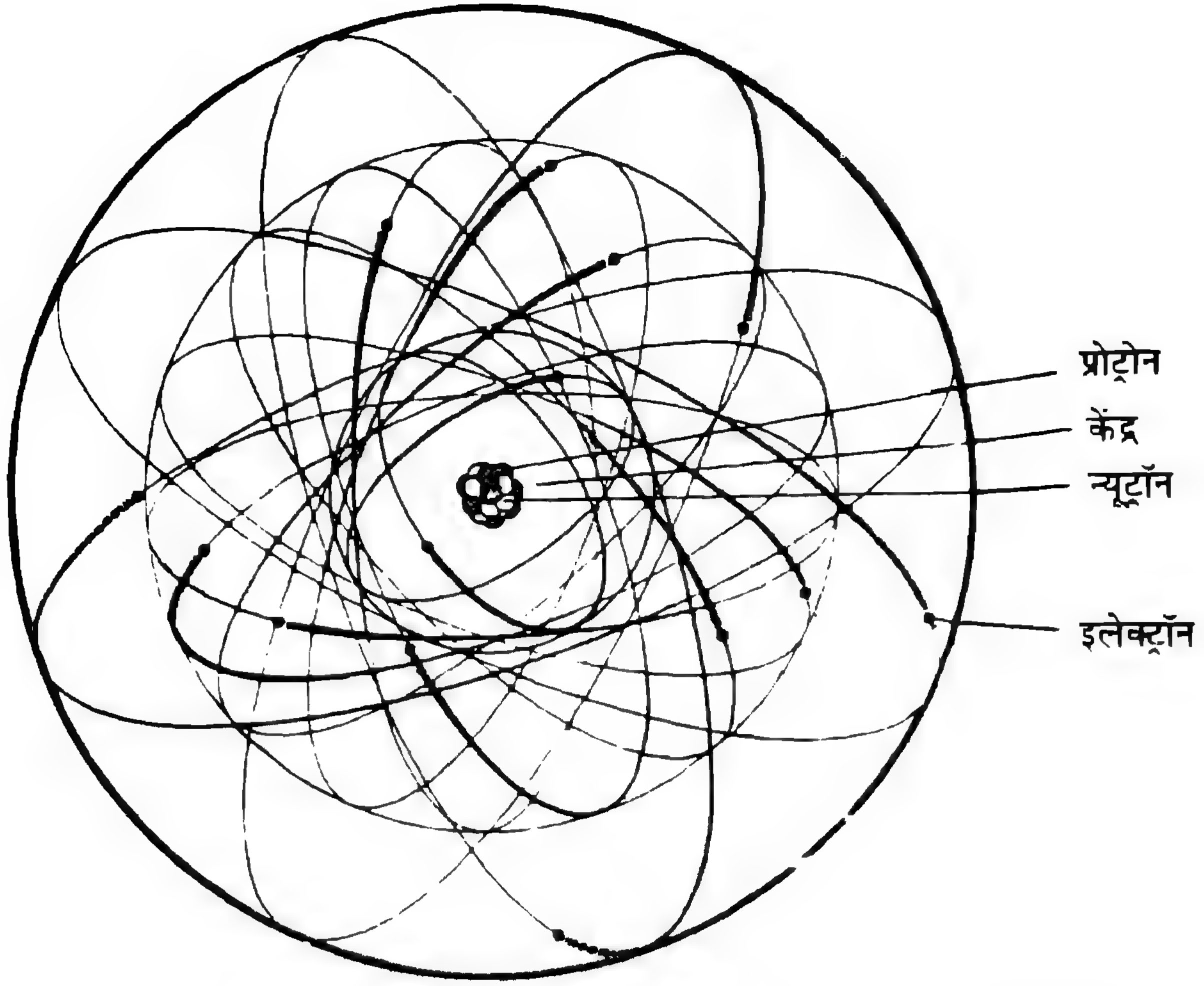
4

अणु वीज

आतापर्यंतच्या प्रकरणात वर्णन केलेले ऊर्जेचे स्त्रोत विचारात घेतल्यावर असे प्रकर्षाने जाणवले की भविष्यातील ऊर्जेच्या वाढत्या मागणीसाठी ते अपुरे आहेत. खनिज इंधनाचे साठे मर्यादित असून ते आपण फार भराभर संपवत आहोत. म्हणून ऊर्जेचे नवे स्त्रोत मिळवणे जरुरीचे आहे. सौर ऊर्जा अथवा भू-औष्णिक ऊर्जा, मोठ्या प्रमाणावर कशी मिळवायची हे अजून आपल्याला ठाऊक नाही. पवन ऊर्जा आणि समुद्राच्या लाटांपासून मिळणारी ऊर्जा काही ठिकाणी महत्वाची ठरु शकते. परंतु जगाच्या ऊर्जेच्या पुरवठ्यात ती कोणताही मोठा बदल करु शकत नाही. अशा परिस्थितीत अणू उर्जेचे क्षेत्र मोठे आश्वासक वाटते आणि ते मोठ्या क्षमतेचेही आहे. एक किलो वजनाच्या खनिज इंधनातून जेवढी ऊर्जा मिळते त्याच्या लाखोपटीने अधिक ऊर्जा तेवढयाच वजनाच्या अणू इंधनापासून मिळते. उदाहरणार्थ एक किलो युरेनियमच्या भंजनातून मिळणारी ऊर्जा 3,400 टन कोळसा जाळून मिळणाऱ्या ऊर्जेएवढी असते. त्यामुळे ऊर्जेची चर्चा सुरु करण्यापूर्वी प्रथम आपण अणू आणि त्याच्या इतर घटकांविषयी काही प्राथमिक माहिती पाहू.

अणू

निसर्गात आढळून येणाऱ्या आणि भौतिक व रासायनिक दृष्ट्या वेगवेगळ्या मौलापासून सर्व पदार्थ बनलेले असतात. ही मौले ज्या छोट्या सूक्ष्म कणात परत विभागता येतात त्या छोट्या भागांना अणू असे म्हणतात. अणू परत एकदा सूक्ष्माहून सूक्ष्म अशा आणखी तीन भागात विभागता येतो. धन भारीत प्रोटोन, ॠण भारीत इलेक्ट्रॉन आणि विद्युतदृष्ट्या उदासीन असलेला न्यूट्रॉन.



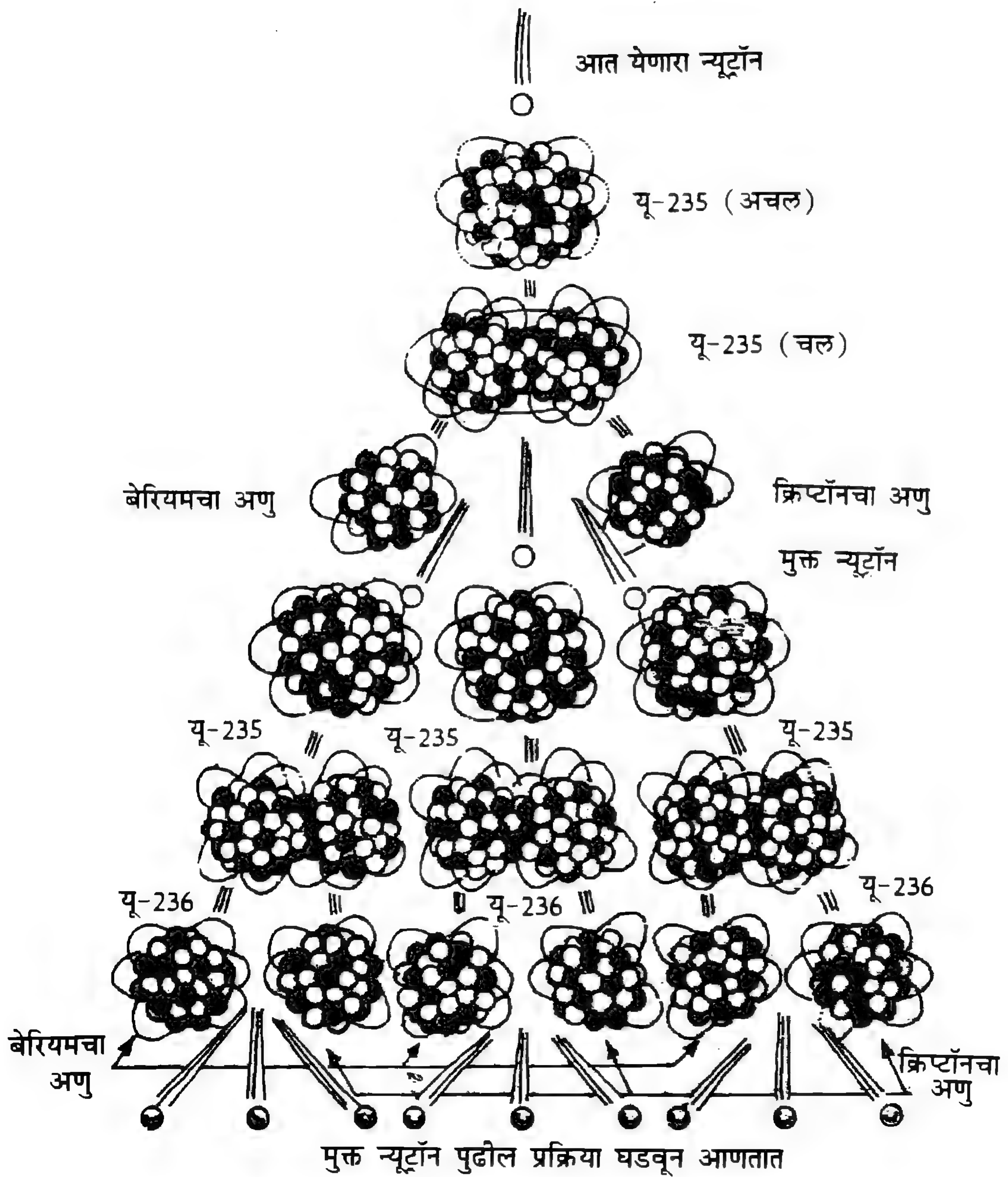
आकृती 34 : अणूच्या रचनेत मध्यभागी केंद्रक असते. हे केंद्रक न्यूट्रॉन आणि प्रोटोनने बनलेले असते. छोटे छोटे इलेक्ट्रॉन लंब वर्तुळाकार मार्गाने फिरत असतात.

(आकृती 34) न्यूट्रॉन आणि त्याच्या तुलनेत थोडा जड असलेला प्रोटोन मिळून एक छोटे केंद्रक बनते. (व्यास 10^{-13} से.मी.) त्याच्याभोवती इलेक्ट्रॉन फिरत असतात. इलेक्ट्रॉनचा लंब वर्तुळाकार मार्ग विद्युत दृष्ट्या उदासीन असतो आणि केंद्रकाच्या लाखपट (10^5)तो मोठा असतो. वर्तुळाकार मार्गातल्या इलेक्ट्रॉनची संख्या प्रोटोनच्या संख्येएवढीच असते. त्यामुळे अणूचा एकूण विद्युतभार शून्य होतो.

एखाद्या मौलाच्या अणूत असणाऱ्या प्रोटोनची संख्या नेहेमी तेवढीच रहाते. ती बदलत नाही. प्रोटोनच्या वाढत्या संख्येनुसार मौलाची क्रमवारी ठरवतात. उदाहरणार्थ हायड्रोजनच्या अणूत प्रोटोनची संख्या एक आहे. हिलियममध्ये दोन, लिथियममध्ये तीन अशाच पद्धतीने प्रोटोनची संख्या वाढत जाते. युरेनियमच्या मौलात प्रोटोनची संख्या 92 असते. कोणत्याही मौलाच्या अणूत जेवढे प्रोटोन असतात तेवढेच इलेक्ट्रॉनही असतात. एखाद्या मौलात किती

प्रोटोन आहेत हे समजले की त्यावरुन तो पदार्थ कोणता आहे ते समजते. उदाहरणार्थ ज्या अणूत 17 प्रोटोन आहेत तो अणू क्लोरिनचाच आहे असे ठामपणे सांगता येते. युरेनियमच्या अणूत नेहेमीच 92 प्रोटोन असतात.

अणूच्या केंद्रकात प्रोटोनबरोबर न्यूट्रॉनही असतात. हे न्यूट्रॉन विजेच्या संदर्भात उदासीन असतात. केंद्रकातील प्रोटोनच्या संख्येबरोबर न्यूट्रॉनची संख्याही वाढण्याकडे कल असतो. उदाहणार्थ हिलियमच्या अणूत 2 प्रोटोन



आकृती 35 : 235 वस्तुमानाच्या युरेनियमच्या अणूवर न्यूट्रॉनचा मारा केल्यावर आणखी न्यूट्रॉन मुक्त होतात आणि साखळी प्रक्रिया होत रहाते.

आणि 2 न्यूट्रॉन असतात. लिथियममध्ये 3 प्रोटोन आणि 4 न्यूट्रॉन असतात. युरेनियममध्ये 92 प्रोटोन आणि 146 न्यूट्रॉन असतात. केंद्रकात प्रोटोन आणि न्यूट्रॉन एकमेकाशी विलक्षण ताकदीच्या आण्विक बलाने जखडलेले असतात. दोन प्रोटोनमध्ये नेहेमी स्थिर विद्युत बलाचे अपसरण होते. या अपरसरणाच्या विरुद्ध कृती आण्विक बलामुळे होते. पटोनियम, युरेनियमसारख्या मोठ्या अणूत प्रोटोनच्या आपापसातील अपसरण बलापेक्षा प्रोटोन न्यूट्रॉनचे आण्विक बल किंचित जास्त असते. त्यामुळे अंशी केंद्रके अस्थिर असतात. या अस्थिर केंद्रकांचे अणू भंजनासाठी सोईचे असतात. केंद्रक दोन किंवा तीन भागात फोडल्यावर अणु ऊर्जा निर्माण होते. (आकृती 35)

समस्थानिक

एंखाद्या मौलाच्या अणूचे वजन हे त्या अणूत असलेल्या प्रोटोन आणि न्यूट्रॉनच्या बेरजेएवढे असते. केंद्रकात असलेल्या न्यूट्रॉनच्या वेगवेगळ्या संख्येमुळे एकाच मौलाचे अणू मात्र एकमेकापासून भिन्न असू शकतात. उदाहरणार्थ युरेनियममध्ये (ज्यात 92 प्रोटोन असतात) न्यूट्रॉन 143 किंवा 146 असू शकतात. या दोन्ही प्रकारांच्या युरेनियमचे रासायनिक गुण जरी सारखे असले तरी त्यांच्या बाह्य स्वरुपात फरक असतो. एकाच मौलाच्या अणू केंद्रकात वेगवेगळ्या संख्येचे न्यूट्रॉन असल्यामुळे त्यांचे बाह्य स्वरुप वेगळे असते. अशा अणूंना समस्थानिक म्हणतात. वर वर्णन केलेल्या युरेनियमच्या पहिल्या समस्थानिकाला युरेनियम-235 आणि दुसऱ्या समस्थानिकाला युरेनियम-238 म्हणतात. युरेनियम-238 हा युरेनियम-235 पेक्षा जड असतो. या प्रमाणे हायड्रोजनची तीन समस्थानिके आहेत. त्यांना हायड्रोजन (फक्त एक प्रोटोन) ड्यूटेरियम अथवा जड हायड्रोजन (एक प्रोटोन आणि एक न्यूट्रॉन) आणि ट्रिटियम (एक प्रोटीन आणि दोन न्यूट्रॉन) म्हणतात.

एकाच मौलाच्या अणूत, केंद्रकात असणाऱ्या प्रोटोनची संख्या कायम असते. ती कधीच बदलत नाही. अणू विद्युतदृष्ट्या संतुलीत रहाण्यासाठी केंद्रकात जेवढे प्रोटोन असतात तेवढेच इलेक्ट्रॉनही असतात. मौलांचे रासायनिक गुणधर्म अणूमधल्या कक्षेतून फिरणाऱ्या इलेक्ट्रॉनमुळे ठरतात. जेव्हा

दोन अणूंचे मिलन होते तेव्हा एक रेणू बनतो. त्यावेळी दोन्ही अणूतील सर्वात बाहेरच्या कक्षेतून फिरणाऱ्या इलेक्ट्रॉनची पुनर्रचना होते. (त्यालाच मूल्यकत्वे इलेक्ट्रॉन म्हणतात) या प्रक्रियेत ऊर्जेचा साठा करता येतो किंवा ती मुक्त करता येते. (उदाहरणार्थ ज्वलन) ऊर्जा मुक्त होत असताना आपल्याला उष्णता मिळते. ज्वलनात कोळशातील कार्बनच्या अणूचे हवेतील ऑक्सिजनच्या अणूबरोबर मिलन होते तेव्हा कार्बन-डाय-ऑक्सॉईड बनतो आणि आपल्याला बरीच मोठी उष्णता मिळते.

ज्वलनासारख्या रासायनिक क्रियेत इलेक्ट्रॉनच्या अदलाबदलीमुळे आपल्याला औष्णिक ऊर्जा मिळते. या उलट अणूच्या केंद्रकातच ऊर्जा मुक्त होते.

अणु भंजनाचे तत्व

युरेनियम-235 आणि प्लुटोनियम-239 सारख्या जड मूलकणांचे अणू इतके अस्थिर असतात की त्यांच्यावर न्यूट्रॉनचा मारा करताच त्यांचे भंजन सहजी करता येते. अशा भंजनातून खूप मोठी उष्णता निर्माण होते. याला अणुभंजन प्रक्रिया म्हणतात. या प्रक्रियेत दोन छोट्या अणूंचे वस्तुमान (एकत्रितपणे याला भंजक वस्तू म्हणतात) आणि त्यातून निर्माण होणाऱ्या दोन ते तीन न्यूट्रानचे वस्तुमान यांची बेरीज ही मुळातील युरेनियम-235 अथवा प्लुटोनियम-239 चा अणू आणि मारा करणारे न्यूट्रॉन यांच्या वस्तुमानाच्या बेरजेपेक्षा थोडी कमी असते. म्हणजे थोडक्यात, अणू भंजनात ऊर्जा निर्मितीसाठी काही वस्तुमान खर्ची पडते. आईनस्टाइनच्या प्रसिद्ध समीकरणानुसार थोडेसे वस्तुमान सुद्धा खूप मोठी ऊर्जा निर्माण करते. त्यामुळेच एक टन युरेनियम-235 च्या भंजनातून मिळणारी उष्णता 20,000 टन कोळसा जाळून मिळणाऱ्या उष्णतेएवढी असते. निसर्गात या युरेनियम-235 चे प्रमाण फक्त 0.7 टक्के एवढेच आहे.

अणु भट्टी

अणु भंजनाची प्रक्रिया नियंत्रित पद्धतीने ज्या टाकीत करतात त्याला अणु भट्टी म्हणतात. युरेनियम हे अणुभट्टीचे इंधन असून ते पिचब्लेंड या डांबरासारख्या काळ्याकुट्ट खनिज मातीतून मिळवतात. निसर्गात जे युरेनियम मिळते त्यात

युरेनियम-235 आणि युरेनियम-238 या दोन समस्थानिकांचे 0.7 : 99.3 या प्रमाणात मिश्रण असते. युरेनियम-235 चे अणू भंजन क्वचितच होते.

अणुभट्टीचे दोन प्रकार असतात.

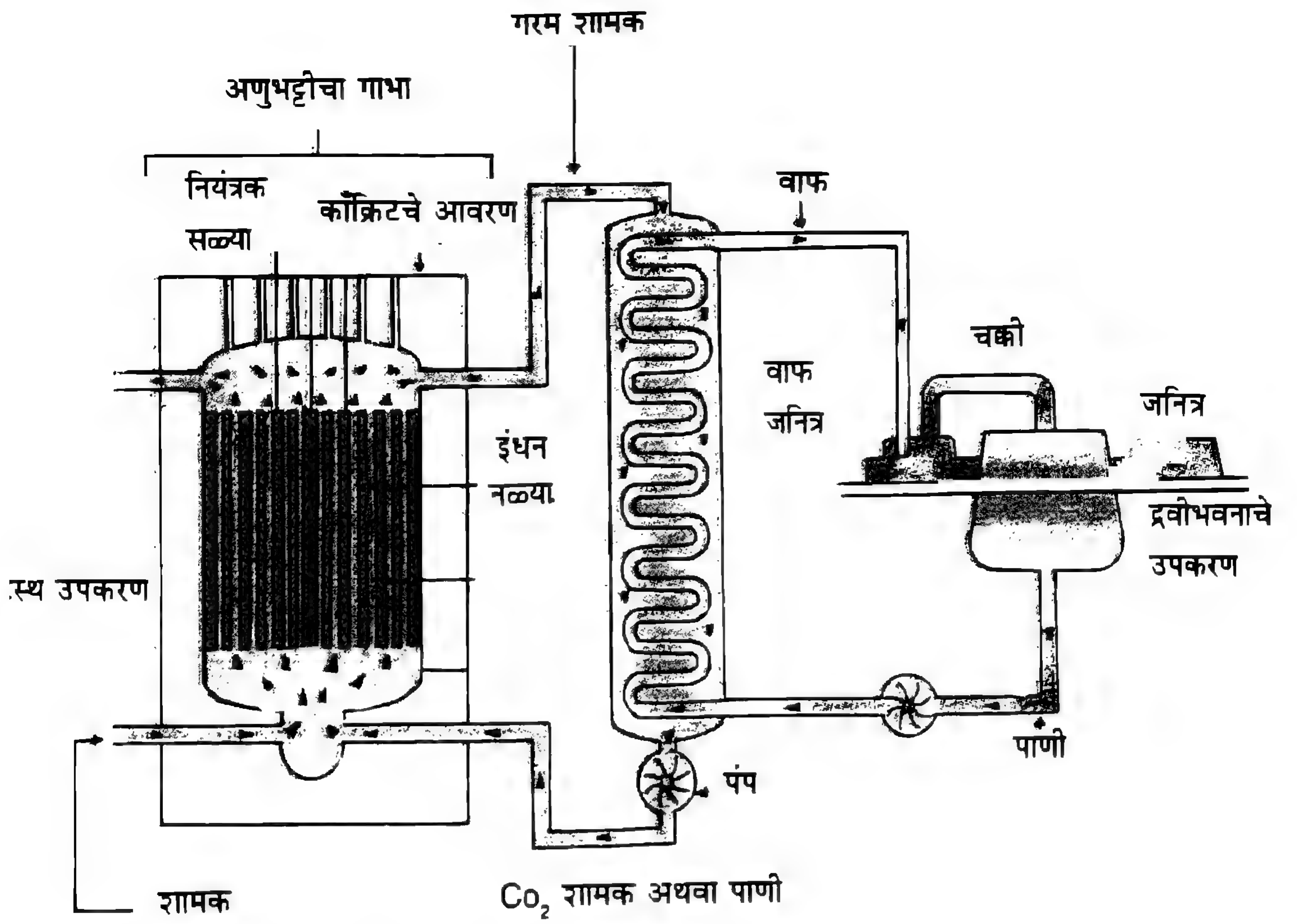
अ) औष्णिक अणुभट्टी यात इंधन म्हणून युरेनियम वापरतात आणि न्यूट्रॉनचा मारा सावकाश व्हावा म्हणून उदासीनपणाची कामगिरी बजावणाऱ्या गोष्टींची योजना करतात. ही अणुभट्टी सावकाश प्रक्रिया घडवणारी असल्याने तिला 'औष्णिक अणुभट्टी' अथवा औष्णिक न्यूट्रॉन म्हणतात.

ब) वेगवान अणुभट्टी नैसर्गिक युरेनियममध्ये 99.3 टक्के युरेनियम-238 असते आणि या समस्थानिकाचे भंजन होत नसल्याने औष्णिक अणुभट्टीमध्ये नैसर्गिक युरेनियमचा फार थोडा भाग वापरता येतो. परंतु वेगवान अणु भट्टी एरवी उपयोगी न पडणाऱ्या युरेनियम-238 चे रूपांतर प्लुटोनियम-239 मध्ये करते. प्लुटोनियम-239 चे मात्र भंजन करता येऊन त्यातून खूप उष्णता निर्माण होते. वेगवान अणुभट्टीमध्ये उदासीनतेची कामगिरी बजावणाऱ्या गोष्टींचीही जरुर नसते कारण जलद मारा करणारे न्यूट्रॉन त्यात वापरले जातात.

औष्णिक अणुभट्टी

औष्णिक अणुभट्टीमध्ये पाच भाग असतात. युरेनियम-डाय-ऑक्सॉईडचे छोटे गोलक धातूच्या नळ्यात ठासून भरतात. त्याला इंधन घटक म्हणतात. औष्णिक अणुभट्टीमध्ये हजारो नळ्यात कित्येक टन युरेनियम भरतात. मधून मधून वापरलेला युरेनियम बाहेर काढून टाकून नवीन युरेनियम नळ्यात भरावा लागतो. अणुभट्टीत साधे पाणी वा जड पाणी अथवा ग्रॅफाईट या गोष्टी उदासीनतेची भूमिका बजावतात.

आण्विक साखळी प्रक्रियेचा वेग मर्यादेत ठेवण्यासाठी बोरोनच्या नियंत्रक सळ्या वापरतात. बोरोन न्यूट्रॉननला सहजी शोषून घेतात. या सळ्या अणुभट्टीमध्ये बसवल्यावर बरेचसे न्यूट्रॉन बोरोनमध्ये शोषले जातात आणि नंतर साखळी प्रक्रिया थांबते. त्यानंतर अणुभट्टीचे कामही थांबते. नंतर जेव्हा या नळ्या बाहेर खेचून काढल्या जातात तेव्हा युरेनियमचे भंजन करण्यासाठी त्यातील न्यूट्रॉन पुन्हा उपलब्ध होतात. त्यातून परत एकदा न्यूट्रॉन मुक्त होतात.



आकृती 36 : औष्णिक अणूतील पाच भाग.

आणखी नियंत्रक सळ्या जेव्हा अणुभट्टीमधून खेचून बाहेर काढल्या जातात तेव्हा आणखी भंजन होऊन जास्त उष्णता निर्माण होते.

युरेनियम इंधन आणि अणु भंजन होऊ शकणारे इतर पदार्थ तीव्र किरणोत्सारी असल्याने त्यातून बाहेर पडणारे किरण रोखण्यासाठी पोलादी आणि सिमेंट कॉंक्रीटचे जाड आवरण बनवावे लागते. हा धोका आणखी कमी करण्यासाठी सर्व भारतीय अणुभट्ट्यांभोवती पोलाद आणि सिमेंट कॉंक्रीटची एकाऐवजी दोन आवरणे बनवली आहेत.

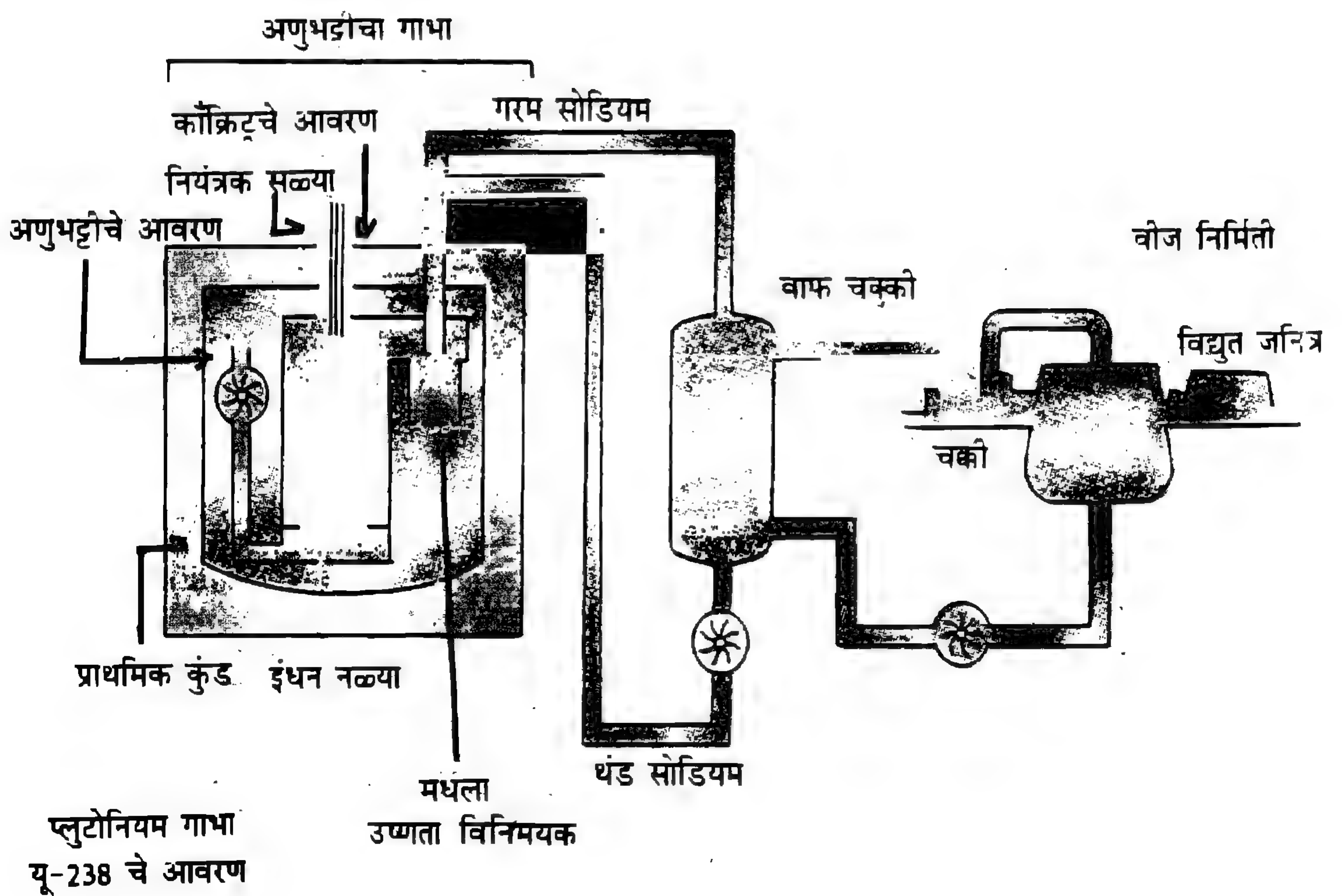
अणु भंजन होत असताना निर्माण होणारी प्रचंड उष्णता अणुभट्टीतून काढून टाकण्यासाठी इंधन नळ्यांच्या भोवताली उष्णता शामक द्रव फिरवतात. भारतीय अणुभट्ट्यात इंधन म्हणून नैसर्गिक युरेनियम वापरतात तर उष्णता शामक म्हणून जड पाण्याचा वापर करतात. परंतु ज्या अणुभट्टीत संपन्न युरेनियम वापरतात (यात युरेनियम-235 चे प्रमाण काही विशिष्ट प्रक्रिया करून वाढवले जाते) तेथे साध्या पाण्याचा शामक म्हणून वापर केला जातो. अणुभट्टीमधून बाहेर येणारे हे शामक पाणी आतील प्रचंड उष्णतेमुळे वाफेच्या स्वरुपात बाहेर

येते. ह्या वाफेवर वाफचक्की फिरवून जनित्राद्वारे वीज निर्मिती केली जाते.

वेगवान अणुभट्ट्या

नैसर्गिक युरेनियममध्ये असलेल्या छोट्या प्रमाणातील युरेनियम-235 पासून औष्णिक अणुभट्टीत ऊर्जा निर्मिती करण्यात येते. परंतु औष्णिक अणुभट्टीत युरेनियम-238 इंधन म्हणून वापरता येत नाही. कारण त्यात 99.3 टक्के नैसर्गिक युरेनियम असते. वेगवान अणुभट्टीत युरेनियम-238 चे रूपांतर प्लुटोनियम-239 मध्ये मोठ्या प्रमाणावर होते. त्यामुळे औष्णिक अणुभट्टीत नैसर्गिक युरेनियमपासून जेवढी ऊर्जा मिळवता येते त्यापेक्षा अधिक ऊर्जा वेगवान अणुभट्टीत मिळवता येते.

वेगवान अणुभट्टीची दोन वैशिष्ट्ये असतात. पहिले म्हणजे, तेथे उदासीनपणाची भूमिका बजावणाऱ्या गोष्टीची जरुरी पडत नाही. भंजन



आकृती 37 : सोडियम शामक वापरलेल्या वेगवान अणुभट्टीत युरेनियम-238 च्या भंजनातून प्लुटोनियम मिळते. या प्रक्रियेत निर्माण झालेली प्रचंड उष्णता वापरण्यासाठी द्रवरूप सोडियमचा उपयोग शामक म्हणून करतात.

प्रक्रियेतून येणारे न्यूट्रॉन सावकाशीने बाहेर पडत नाहीत. (याच कारणासाठी या भट्टीस वेगवान अणुभट्टी म्हणतात.)

दुसरे म्हणजे या अणुभट्टीतील इंधन नळ्यात प्लुटोनियम-239 आणि युरेनियम-238 चे मिश्रण असते. मध्यभागी प्लुटोनियम ठेवतात आणि त्याच्या सभोवताली युरेनियम-238 भरलेले असते. अणुभट्टीत दोन्ही प्रक्रिया एकाच वेळेस होतात.

1) प्लुटोनियम-239 चे (मुळात युरेनियम-238 च्या एखाद्या अणूपासून हे बनवले जाते) औष्णिक अणुभट्टीत भंजन केल्यावर निर्माण झालेली उष्णता शामकाद्वारे मिळवली जाते. ही उष्णता प्रचंड असल्याने द्रवरुप सोडियम शामक म्हणून वापरतात. (आकृती 37)

2) अणुभट्टीच्या आवरणात युरेनियम-238 चा बराचसा भाग प्लुटोनियममध्ये रुपांतरीत होतो. खरे म्हणजे आवरणात जेवढा प्लुटोनियम मिळतो तेवढा अणुभट्टीच्या गाभ्यातही मिळत नाही. युरेनियम-238 चे अणू जेव्हा वेगवान न्यूट्रॉन शोषून घेतात तेव्हा त्यातून प्लुटोनियम-239 चे अणू निर्माण होतात.

सध्या फ्रान्स रशिया, इंग्लड, जर्मनी, अमेरिका, जपान आणि भारत या सातच देशांना वेगवान अणुभट्टीचे तंत्रज्ञान अवगत आहे. या निवडक देशांच्या यादीत 18 ऑक्टोबर 1989 रोजी भारत समाविष्ट झाला. या दिवशी कल्पकम येथे उभारलेली वेगवान अणुभट्टी कार्यान्वित झाली. या अणुभट्टीचे इंधन भाभा अणू संशोधन केंद्राने विकसित केले.

वापरलेले इंधन

औष्णिक आणि वेगवान अणुभट्टीत वापरुन झालेल्या इंधनात खालील तीन प्रकारची अवशिष्टे शिल्लक रहातात. 1) अति किरणोत्सारी भंजक पदार्थ 2) न वापरला गेलेला युरेनियम-238 चा मोठा भाग. यालाच कमजोर युरेनियम म्हणतात. 3) प्लुटोनियमचा काही भाग, वापरलेल्या इंधनातील भंजक पदार्थावर परत प्रक्रिया करुन प्लुटोनियम आणि कमजोर युरेनियम वेगवान अणुभट्टीत परत एकदा इंधन नळ्यात भरता येते. या पद्धतीने इंधन वापरून

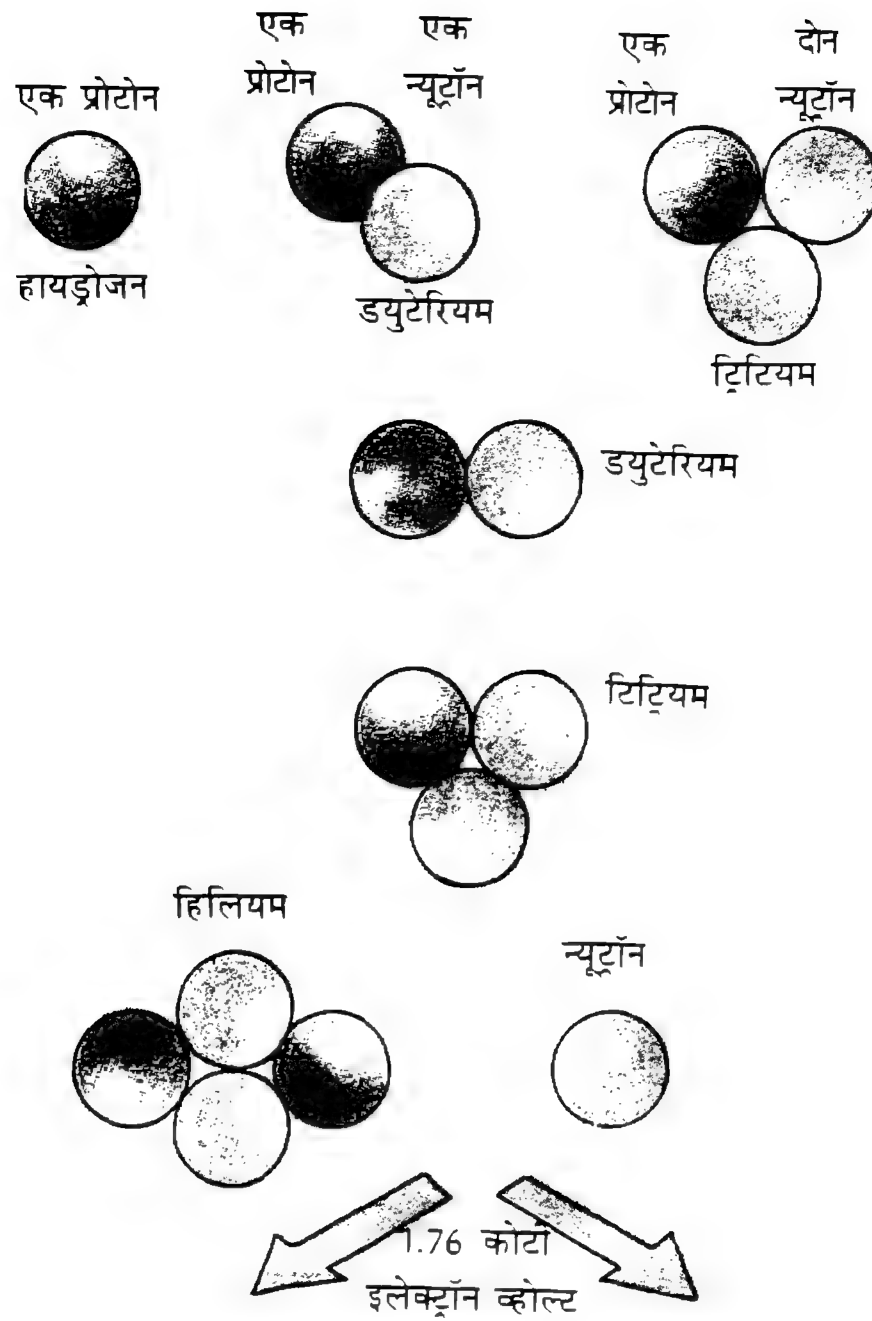
त्यावर परत परत प्रक्रिया करुन ते वेगवान अणुभट्टीत वारंवार वापरल्याने त्याच इंधनातून बरीच ऊर्जा मिळवता येते. अशा पद्धतीने औष्णिक अणुभट्टीपेक्षा वेगवान अणुभट्टीतून त्याच इंधनातून जास्त ऊर्जा मिळवता येते. एक टन युरेनियम औष्णिक अणुभट्टीत इंधन म्हणून वापरले तर 20,000 टन कोळसा जाळून मिळणाऱ्या ऊर्जेएवढी ऊर्जा मिळते. या उलट तेच एक टन युरेनियम वेगवान अणुभट्टीत वापरले तर 10 लाख टन कोळसा जाळून मिळणाऱ्या ऊर्जेएवढी ऊर्जा मिळते.

आण्विक संमीलन

मागील प्रकरणात सूर्य हा अमर्याद ऊर्जेचा स्त्रोत कसा आहे यावर आपण चर्चा केली. पृथ्वीवर आपण एखादा सूर्य निर्माण करु शकणार नाही का, असा प्रश्न कोणी विचारेल. छोट्या प्रमाणावर हे स्वप्न साकार करण्याचा प्रयत्न वैज्ञानिक करीत आहेत. परंतु हे यश मिळण्यापूर्वी सूर्याच्या अंतर्भागात नेमके काय होते हे समजून घेतले पाहिजे. सूर्य प्रामुख्याने हायड्रोजन वायूचा बनला आहे. हायड्रोजनचे अति उच्च दाबाखालील अणु सूर्याच्या केंद्रस्थानी एकत्र येतात आणि एकमेकात वितळून जाऊन हिलीयमचे केंद्रक बनते. त्यातून उष्णता आणि प्रकाशाच्या रुपाने प्रचंड ऊर्जा बाहेर पडते. या ऊर्जेमुळे सूर्याचे तापमान टिकून रहाते आणि तो चमकतो. अणुभंजन प्रक्रियेमुळे या प्रक्रियेतही वस्तुमानाचे रुपांतर ऊर्जेत होते. हायड्रोजन बॉम्बचे कार्यही याच तत्वावर आधारित आहे. सूर्याच्या अंतर्भागात होणाऱ्या अनेक प्रक्रिया उच्च तापमानाला होत असल्याने त्यांना अणु औष्णिक प्रक्रिया म्हणतात. त्यामुळे सूर्याला अणू औष्णिक भट्टी म्हणतात. या भट्टीत हायड्रोजनचे अणु सातत्याने वितळून त्यांचे हिलियमच्या अणूत रूपांतर होते. या वितळण प्रक्रियेत जेवढे वस्तुमान कमी होते तेवढ्याची ऊर्जा बनते.

अगोदर वर्णन केलेल्या अणुभंजनाच्या प्रक्रियेतील आणि आताच्या वितळण प्रक्रियेतील फरक आपल्या ध्यानात आला असेल. अणुभंजन प्रक्रियेत जड केंद्रक विभागले जाते वर वितळण प्रक्रियेत हलके अणु एकत्र केंद्रक जड बनते. हे असे असले तरी दोन्ही प्रक्रियेत प्रचंड ऊर्जा निर्माण होते.

हलके अणु एकत्र येऊन केंद्रक जड होत असताना प्रचंड ऊर्जा निर्मिती



आकृती 38 : वितळण प्रक्रियेत ड्युटेरियम आणि ट्रिटियमचे हलके अणु एकत्र येऊन हिलियमचे जड अणु निर्माण होतात. यावेळी प्रचंड ऊर्जा निर्माण होते.

होऊ शकणाऱ्या अनेक प्रक्रिया आहेत. (आकृती 38) परंतु ज्या प्रक्रियेसाठी वैज्ञानिक आटोकाट प्रयत्न करीत आहेत त्या अणु औष्णिक प्रक्रियेत वैज्ञानिकांना हायड्रोजनच्या केंद्रकाऐवजी ड्युटेरियम अथवा ट्रिटियमची केंद्रके अपेक्षित आहेत. याचे एक कारण असे असू शकते की, सूर्याच्या अंतर्भागात होणाऱ्या अणु औष्णिक प्रक्रियेत जरी हायड्रोजनचे अणु असले तरी ती संपूर्ण प्रक्रिया अत्यंत सावकाश होते. ड्युटेरिम केंद्रके अथवा ड्युटेरियम टिट्रियम केंद्रके असणाऱ्या प्रक्रिया अधिक वेगाने होतात. वितळण प्रक्रियेत ड्युटेरियमच्या दोन केंद्रकाचे रुपांतर ट्रिटियम आणि हायड्रोजन केंद्रकात होते. या उलट ड्युटेरियम

आणि ट्रिटियम केंद्रकाच्या वितळण प्रक्रियेत दोन प्रोटोन आणि दोन न्यूट्रॉन असलेल्या हिलियम केंद्रकाची निर्मिती होते.

हीं प्रक्रिया होण्यासाठी एकमेकावर आदळणाऱ्या ड्युटेरियमच्या अणूंना प्रचंड वेग असावा लागतो. ड्युटेरियमच्या कणास जर कोट्यावधी अंश तापमान प्राप्त झाले तर त्याच्या अणूस प्रचंड वेग प्राप्त होतो. यापेक्षा खूप कमी तापमान असेल तर इलेक्ट्रॉन अणूला सोडून जातात. अशा वेळी धनभारीत आयन आणि इलेक्ट्रॉनचे मिश्रण तयार होते. त्याला प्लाझमा म्हणतात.

एक ग्रॅम ड्युटेरियम मधील सर्व अणु जर वितळवता आले तर त्या प्रक्रियेतून 1,00,000 किलोवॉटतास एवढी ऊर्जा मिळते. या उलट तेवढ्याच युरेनियमच्या भंजनातून 25,000 किलोवॉटतास ऊर्जा मिळते. समुद्राच्या पाण्यातून ड्युटेरियम मिळवणे स्वस्त असल्याने हे भविष्यकाळाचे इंधन आहे असे म्हणायला हरकत नाही. समुद्राच्या पाण्यात 0.0156 टक्के ड्युटेरियम असते. त्यावर बनणारी ऊर्जा आपल्याला पुढील लाखो वर्षे पुरु शकेल.

वितळण अणुभट्टी

वितळण अणुभट्टीत ऊर्जा निर्मितीची प्रचंड क्षमता असली तरी अशी अणुभट्टी बनवण्यात खूप अडचणी आहेत. अणु औष्णिक प्रक्रिया सातत्याने मिळवण्यासाठी कोट्यवधी अंश तापमानाला असणाऱ्या प्लाझमावर नियंत्रण कसे आणायचे आणि तो तयार झाल्यावर त्याला अणुभट्टीतच कसे रोखून धरायचे ही त्यातली एक अडचण आहे. चुंबकीय क्षेत्रात प्लाझमाला पकडून ठेवायची एक सिद्ध पद्धत आहे.

लेझर वापरून अणु वितळण प्रक्रिया जमविण्याचा प्रयत्न सध्या चालू आहे. एकाद्या छोट्या बिंदुवर प्रखर आणि एकसंध झोत टाकायचा असेल तर तो लेझर किरणापासून मिळवता येतो. अचेतन वितळण म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या या पद्धतीत ड्युटेरियम-ट्रिटियम इंधनाच्या छोट्या छोट्या गोळ्यांवर दाबून लेझर किरणांचा मारा करतात. यामुळे अनेक छोटे छोटे अणु औष्णिक स्फोट होऊन त्यातून ऊर्जा निर्मिती होते. आण्विक वितळण प्रक्रियेत एक समस्या भेडसावते ती अशी की, अणुभट्टीत मोठ्या प्रमाणात ट्रिटियम तयार होते. ट्रिटियमचे

किरणोत्सार खूप कमजोर असले तरी रासायनिकदृष्ट्या ट्रिटियम आणि हायड्रोजनचे गुण सारखेच असतात. शिवाय ट्रिटियम सेंद्रिय पदार्थात सहजी प्रवेश करु शकतो. वितळण अणुभट्टीत ट्रिटियम नियंत्रित करणे ही एक मोठी समस्याच असते.

वितळण प्रक्रियेचे तसे अनेक फायदे असतात. प्रक्रियेतून खूप मोठ्या प्रमाणावर इंधन मिळते आणि ते खूपच स्वस्त असते. हे इंधन जगभरातील महासागरात, पाण्याच्या रुपाने उपलब्ध आहे. पाण्याच्या प्रत्येक 3000 रेणूतील एका रेणूत ड्युटेरियमचा एक अणु मिळतो. वितळण अणुभट्टीत तयार होणाऱ्या पदार्थात स्थिर समस्थानिक मिळतात अथवा कमजोर किरणोत्सार! प्रक्रियेतून बाहेर पडलेले न्यूट्रॉन जेव्हा अणुभट्टीत असतात तेव्हा ते किरणोत्सार पसरवतात. तरीही अणुभंजन प्रक्रियेच्या तुलनेत वितळण प्रक्रियेतील किरणोत्सार दुर्लक्षणीय असावेत इतके कमी असतात. वितळण प्रक्रियेतून मिळालेली अवशिष्टे आम्ल वर्षाकारी अथवा वातावरण तापवणारी प्रदूषके नसतात. हे एवढे फायदे असले तरी वितळण प्रक्रियेतून मोठ्या प्रमाणावर ऊर्जा प्राप्त करण्यात अजून खूप अडचणी आहेत.

5

ऊर्जा आणि पर्यावरण

ऊर्जा निर्मिती आणि वापराशिवाय आधुनिक समाजाचे क्षणभरही निभणार नाही. आपण वापरलेल्या विजेसाठी आपल्याला दरमहा वीज बिल भरावे लागते, घरात लागणारे तेल, स्वयंपाकाच्या वायू आणि मोटारीसाठी वापरलेल्या पेट्रोलची किंमत चुकती करावी लागते. यापैकी काही किंमत आपण प्रत्यक्ष वापरलेल्या गोष्टींची असते तर काही अप्रत्यक्षपणे वापरलेल्या गोष्टींची असते. उदाहरणार्थ एखादी वस्तू आपण बाजारात खरेदी करतो तेव्हा त्यामध्ये ती वस्तू बनण्यासाठी लागणाऱ्या ऊर्जेचा खर्च आणि ती कारखान्यापासून दुकानापर्यंत आणताना लागलेल्या इंधनाचा खर्च धरलेला असतो. याशिवाय ऊर्जा निर्मिती आणि वितरणामुळे निर्माण झालेल्या प्रदूषणाची किंमतही आपण मोजत असतो. वातावरणा (हवा, पाणी, जमीन) तील आपल्याला नको असलेला बदल म्हणजे पर्यावरणीय प्रदूषण, अशी त्याची व्याखा करता येईल. पर्यावरणीय प्रदूषणामुळे नेमका किती आर्थिक तोटा होतो अथवा ऊर्जा निर्मिती आणि वितरणाचे नेमके आणखी कोणते तोटे आहेत हे पैशाच्या स्वरुपात व्यक्त करणे अवघड आहे. मोटारगाडीतून बाहेर पडणाऱ्या धुरामुळे मनुष्याच्या तब्येतीवर काय दुष्परिणाम होतात याची किंमत कशी करणार? कोळसा मिळवण्यासाठी खाणकाम केल्यामुळे शेतजमिनीचे नुकसान होते आणि पाण्याचे प्रदूषण होते त्याची किंमत कशी ठरवणार? समुद्रात होणाऱ्या तेलगळतीमुळे समुद्र किनाऱ्याची किती हानी झाली हे कसे योजणार? किंबहुना ऊर्जेची निर्मिती आणि वापर करताना हे दुष्परिणाम ओढवणार आणि त्याची किंमत आपल्याला भरावी तर लागणारच. प्रश्न आहे तो किती किंमत भरायची आपली तयारी आहे?

खनिज इंधनाचे धोके

जगात वापरली जाणारी सध्याची जवळ जवळ सर्व ऊर्जा खनिज इंधन जाळून तयार केलेली असते. कोळसा, नैसर्गिक वायू आणि पेट्रोलियम पदार्थ ही इंधने बनवताना, त्यांची वाहतूक करताना आणि ती वापरताना अनेक पर्यावरणीय समस्या निर्माण होतात.

आज जगात सर्वात विपुल प्रमाणात जर काही उपलब्ध असेल तर तो कोळसा. उत्तम प्रतीचा ॲन्थ्रासाईट कोळसा जमिनीत खोलवर सापडतो. त्यासाठी तितक्याच खोलवर खाणकाम करावे लागते. शिवाय अशा ॲन्थ्रासाईट कोळशात गंधकाचे प्रमाण बरेच असते आणि महागडी प्रक्रिया करुन त्यातून गंधक काढल्याशिवाय हा कोळसा वापरता येत नाही. परिणामत: सध्या जमिनीलगत सापडणाऱ्या आणि गंधकाचे अल्प प्रमाण असलेल्या कोळशाचा वापर करण्याकडे कल असतो. खाणकाम करण्यासाठी पाट काढल्याची पद्धत वापरतात. पण कोळसा मिळवण्याच्या या पाट पद्धतीमुळे कायमच्या पर्यावरणीय समस्या उभ्या रहातात. यातला सर्वात मोठा प्रश्न म्हणजे खूप मोठ्या प्रमाणावर जमीन खोदावी लागते. खाणकाम संपल्यावर जर ही जमीन पूर्ववत केली नाही तर जमिनीची धूप, जमीन खचणे आणि मातीच्या डगरी कोसळण्यासारखे धोके संभवतात.

खाणीतून कोळसा काढत असताना जमीन जशी उध्वस्त होते तसे तेल काढताना होत नाही. असे जरी असले तरी समुद्राच्या पाण्याखालील जमिनीत जेव्हा तेल सापडते तेव्हा बऱ्याच पर्यावरणीय समस्या निर्माण होतात. तेलासाठी जमीन खणताना अचानक जमीन भंगून तेल उफाळून बाहेर आले अथवा ज्या कातळाखाली तेल साठा असेल त्याला चीर पडून विलक्षण दाबाने तेलाचे फवारे उडू लागले तर जमिनीचा भंग अथवा कातळाची चीर बंद करेपर्यंत हजारो टन तेल पाण्यात मिसळून समुद्राचे प्रदूषण होते. त्याने समुद्रातल्या जलचरांना हानी पोहोचते. समुद्राच्या पाण्यावर तेलाचा थर पसरल्याने हवेतला ऑक्सिजन पाण्यात विरघळून जलचरांपर्यंत पोहोचत नाही आणि जलचर गुदमरून मरतात. तेलामुळे होणाऱ्या समुद्राच्या प्रदूषणाचे आणखीही काही धोके आहेत. समुद्राच्या पाण्यात उसळणाऱ्या लाटांमुळे आणि वाऱ्यामुळे समुद्रात सांडलेले तेल हेलकावे खात खात किनाऱ्यापर्यंत येते आणि किनारे खराब होतात.

जगातील बरेचसे तेल समुद्रमार्गे तेलशुद्धीकरण केंद्रापर्यंत येऊन पोहोचते. त्यासाठी जी प्रचंड मोठी जहाजे वापरली जातात (काही जहाजांची क्षमता 3 लाख टन तेलाची असते) त्यांना वाहतुकीच्या सूचना अंमलात आणायलाही वेळ लागतो. उदाहरणार्थ 3 लाख टनी जहाज 15 नॉट वेगाने जात असेल तर त्याला त्याच्या भारी वजनाने समुद्रात प्रचंड हेलकावे येतात. त्यामुळे ते पाण्यात थांबवायला सुरुवात केल्यापासून प्रत्यक्ष थांबेपर्यंत 4 किलोमीटर अंतर कापून पुढे जाते. याच कारणाने इतर जहाजांशी त्यांची टक्कर होण्याची शक्यता वाढते अथवा समुद्राच्या चिंचोळ्या भागातून जाताना ते किनाऱ्याच्या दगडांना धडका मारू शकते. अशा वेळी जहाजातून तेल गळती झाली तर खूप तेल समुद्रात सांडते. जलचर मरतात आणि अगदी दूरवरच्या किनाऱ्यापर्यंत तेल पसरत जाऊन किनाऱ्यांची प्रचंड हानी होते. जमिनीवरुन तेलाची वाहतूक तेल वाहिन्यातूनही करतात.

यातही कधी कधी गंभीर समस्या निर्माण होतात. निर्जन प्रदेशात तेलवाहिन्या टाकल्या तर पर्यावरणाच्या आणखीनच नवीन समस्या निर्माण होतात. स्थलांतर करणाऱ्या प्राण्यांना एका ठिकाणाहून दुसरीकडे जाताना त्यांचा अडथळा येतो आणि नेहमीचा मार्ग त्यांना बदलावा लागतो. वाहिन्या जर चुकून गळायला लागल्या तर गळती बंद करेपर्यंत आजूबाजूची जमीन तेलाने पूर्ण भिजून जाते. तेलामध्ये अनेकवेळा मेण असते. त्यामुळे वाहिन्यातून तेलाचा प्रवाह चालू रहाण्यासाठी गरम तेलाची वाहतूक करतात. आर्क्टिकसारख्या थंड प्रदेशात जमिनीवर बर्फाचे थर साठणे ही नित्याची गोष्ट आहे. अशा ठिकाणाहून जेव्हा गरम तेलाच्या वाहिन्या जातात तेव्हा आजूबाजूचा बर्फ वितळतो, वाहिन्यांना तळाशी बाक येतो आणि त्यातून कित्येक वेळा वाहिन्या फुटतातही.

त्या फुटल्या नाहीत तरी वाहिन्यांच्या मार्गावर कायमचे असे बदल होतात. तेलाप्रमाणे नैसर्गिक वायूचीही वाहतूक वाहिन्यातून करतात. ती तुलनेने सुरक्षित असली तरी वायू वाहिन्यांचेही अनेकदा स्फोट झालेत आणि दरवर्षी मनुष्यहानीही होत असते.

इंधनाचे ज्वलन

खनिज इंधन जळत असताना हानिकारक वायू वातावरणात पसरतातच.

शिवाय इंधन पदार्थाचे कोळसा, राख वगैरेसारखे कणही वातावरणात दूरवर पसरतात. या प्रदूषणात खनिज कोळसा आणि तेल अग्रेसर आहेत. त्या तुलनेत ज्वलन वायू हे जास्तीत जास्त स्वच्छ इंधन आहे. तेल आणि कोळशातील गंधकाचे अस्तित्व त्रासदायक असते. ही इंधने कोणत्या जमिनीतून मिळाली यावर गंधकाचे कमी जास्त प्रमाण अवलंबून असते. काही वेळा हे प्रमाण बरेच जास्तही असते. ज्वलनानंतर यातून सल्फर-डाय-ऑक्सॉईडसारखी अनेक प्रकारची ऑक्सॉईडस् तयार होतात. वातावरणात पसरलेला सल्फर-डाय-ऑक्सॉईड हवेतल्या बाष्पात मिसळून त्याचे सल्फ्यूरिक तयार होते. वनस्पती आणि प्राणी मृष्टीला ते हानीकारक असते. शहरी भागात चुणखडीचा वापर करून बनविलेल्या ऐतिहासिक इमारती आणि पुतळे ॲसिडच्या भक्ष्यस्थानी पडतात आणि विद्रूप होतात. वातावरणातील सल्फ्युरिक ॲसिडचे प्रमाण वाढले तर लोकांना श्वासोच्छासास त्रास होतो. सल्फर-डाय-ऑक्सॉईडमुळे खोकला होणे, दीर्घ श्वास घेण्यात अडथळे येणे, घशाला सूज येणे, डोळयांची अंतर्त्वचा चुरचुरणे, डोळे लाल होणे, डोळ्यातून पाणी येणे असे त्रास सुरु होतात. सल्फर-डाय-ऑक्सॉईडचा उपद्रव वनस्पतींनाही होतो, हवेत सल्फर-डाय-ऑक्सॉईडचे प्रमाण मर्यादेबाहेर वाढले तर वनस्पतींच्या पेशी अकार्यक्षम होतात, मरतातही. त्यामुळे पाने पिवळी पडतात, गळून जातात. वनस्पतींच्या श्वसनात आणि हरित द्रव्य निर्माण होण्याच्या प्रक्रियेत सल्फर-डाय-ऑक्सॉईडमुळे अडथळे येतात. कोळसा आणि खनिज तेलातून सल्फर वेगळा काढता येतो पण अपेक्षित पातळीपर्यंत सल्फर कमी करण्यासाठीची प्रक्रिया महाग पडते. नुकतेच असे आढळून आले आहे की कोळशाच्या ज्वलनातून पाऱ्यासारखा विषारी धातूही वातावरणात मिसळला जातो.

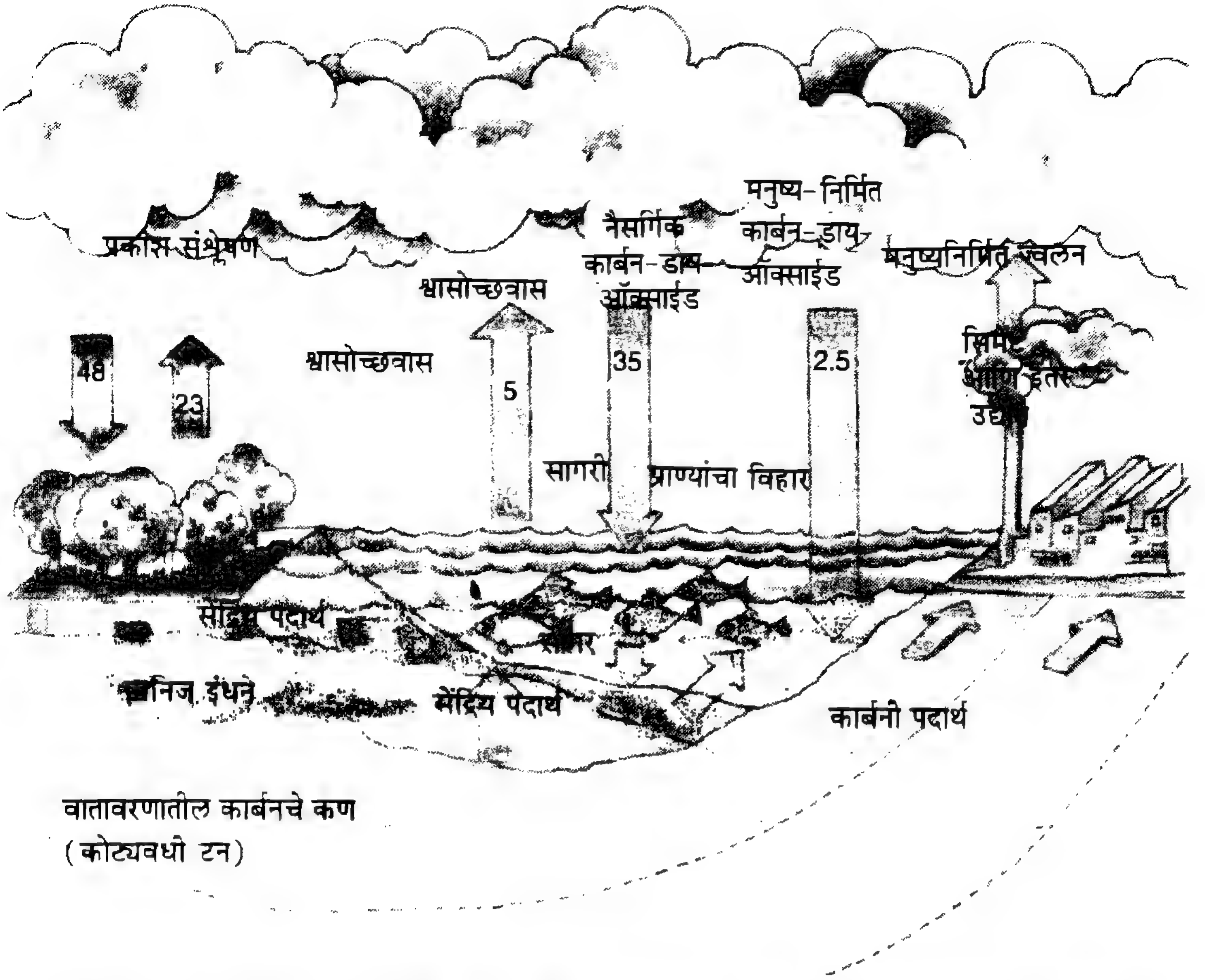
तेल आणि कोळसा जाळल्यामुळे निर्माण होणाऱ्या प्रदूषणाचा प्रश्न सोडवायचा असेल तर कोळशाचे आणि तेलाचे रूपांतर जळाऊ वायूत अथवा द्रवरूप हायड्रोकार्बनमध्ये करतात. ह्या गोष्टी जाळताना प्रदूषण होत नाही. असे रूपांतर होत असताना धन कण आणि सल्फर वेगळे काढले जातात. यामुळे वातावरणात होणारे हवेचे प्रदूषण टळते. कोळशापासून द्रवरूप आणि वायुरूप इंधन मिळविण्याचे प्रयत्न सुरु असून एकदा त्यात यश आले की भविष्यात

घनरुपात कोळसा जाळला जाणार नाही.

मोटारीच्या अंतर्दहन इंजिनात जेव्हा पेट्रोल जाळले जाते तेव्हा मोटारीच्या धुराड्यातून कार्बन मोनॉक्सॉईड, नायट्रोजन ऑक्सॉईड आणि हायड्रोकार्बन हवेत मिसळतात आणि प्रदूषण करतात. जास्त ऑक्टेनच्या पेट्रोलमध्ये शिसे असते. पेट्रोल जाळल्यावर या शिशाची ऑक्सॉईडस्ही हवेत मोठ्या प्रमाणात मिसळतात. अशी ही प्रदूषके आणि पेट्रोरसायन कारखान्यात होणाऱ्या प्रक्रियातून हवेत मिसळणारी नाना प्रकारची रसायने जेव्हा सूर्यप्रकाशाच्या सान्निध्यात येतात, तेव्हा त्यांचे जे अपायकारक मिश्रण बनते त्याला 'स्मॉग' असे म्हणतात. मोटार गाड्यांच्या धुराड्यातून बाहेर वातावरणात पसरणारे वायू दूर करण्याची जोपर्यंत व्यवस्था करता येत नाही अथवा अंतर्दहन इंजिनाला पर्याय शोधता येत नाही तोपर्यंत आरोग्याला स्मॉगमुळे हानी पोहोचत रहाणार. त्यातून सुटका होईल असे दिसत नाही. शिसेमिश्रित पेट्रोल वापरायला भारतासह अनेक देशांनी आता बंदी घातली आहे. बऱ्याच देशांनी मोटारींच्या धुराड्यात आता उत्प्रेरक बसवणे सक्तीचे केले असल्याने धुराड्यातून कार्बन-मोनॉक्सॉईड ऐवजी कार्बन-डाय-ऑक्सॉईड, नायट्रोजन ऑक्सॉईड ऐवजी नायट्रोजन-डाय-ऑक्सॉईड आणि पाण्याच्या वाफेऐवजी पाणी बाहेर येईल आणि हवेतील प्रदूषण कमी हानीकारक होईल.

कार्बन मोनॉक्सॉईड आणि कार्बन-डाय-ऑक्सॉईडचे परिणाम

कोणतीही गोष्ट जळण्यासाठी ऑक्सिजनची जरुरी असते. ज्वलनातून कार्बन-डाय-ऑक्सॉईड बाहेर पडतो. यावरुन कोणालाही असे वाटेल की अशा ज्वलनांमुळे जगातील ऑक्सिजनचा साठा संपून जाईल आणि प्राणी आणि वनस्पतींच्या वाढीसाठी निसर्गात असावे लागणारे ऑक्सिजन कार्बन-डाय-ऑक्सॉईडचे संतुलन धोक्यात येईल. सुदैवाने खनिज इंधन जाळण्याने असा धोका निर्माण होत नाही. आजवर जेवढी खनिज इंधने जाळली, त्यामुळे हवेतल्या ऑक्सिजनच्या प्रत्येक एक लाख रेणूंपैकी सात रेणूच वापरले. किंबहुना जगात उपलब्ध असलेले सर्व खनिज इंधन जाळले तरी एकूण



आकृती 39 : मनुष्याच्या अनेकविध प्रकारच्या उद्योगीपणातून हवेतील कार्बनचे प्रमाण विलक्षण वाढले आहे आणि त्यामुळे पर्यावरण समस्या वाढल्या आहेत.

उपलब्ध असलेल्या ऑक्सिजनचा 3 टक्के भागच वापरला जाईल. यामुळे खनिज इंधन हवेतल्या ऑक्सिजनला धोका पोहोचवू शकणार नाही. या उलट हवेतील कार्बन-डाय-ऑक्सॉईडचे प्रमाण दिवसेंदिवस बरेच वाढत चालले आहे. (आकृती 39) खनिज इंधन वापरण्यापूर्वी एकोणिसाव्या शतकाच्या सुरुवातीला हवेत कार्बन-डाय-ऑक्सॉईडचे जेवढे प्रमाण होते त्याच्या दुप्पट प्रमाण सन् 2025 साली होईल.

सूर्यकिरणांमुळे तापलेल्या जमिनीची उष्णता कार्बन-डाय-ऑक्सॉईडचे रेणू शोषून घेतात. कार्बन-डाय-ऑक्सॉईडच्या रेणूंनी पृथ्वीवरची उष्णता अवकाशात जेवढ्या प्रमाणात निघून गेली असती ती कमी होते. यालाच 'हरितगृहाचा परिणाम' (ग्रीन हाऊस इफेक्ट) म्हणतात. यामुळेच खनिज इंधनांच्या सततच्या वापरामुळे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे आणि त्याखालच्या

भूभागाचे तापमान वाढल्यामुळे वातावरणातील बाष्पीभवनाचे आणि ढगाळ हवामानाचे प्रमाण वाढले आहे. हा एका परीने पृथ्वीच्या वाढत्या तापमानास उताराच आहे. असे म्हणावे लागेल. ढगामुळे सूर्य प्रकाशाचे परावर्तन होते. वाढत्या ढगाळ हवामानामुळे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे तापमान कमी होते. पृथ्वीवरच्या नाना प्रकारच्या ज्वलन प्रक्रियेतून वातावरणात घनकण मिसळतात. ती केंद्रके बनून त्याच्याभोवती पाण्याचे थेंब जमा होण्याच्या शक्यता वाढतात. या सर्व प्रक्रियेतून अधिक पाऊस, गारा आणि वादळे होऊन वातावरणाचे तापमान कमी होते. ज्वलनामुळे निर्माण होणाऱ्या कार्बन-डाय-ऑक्सॉईडचे वातावरणातील प्रमाण समुद्र सान्निध्यामुळे कमी होते. कारण समुद्राचे पाणी वातावरणाच्या साठपट कार्बन-डाय-ऑक्सॉईड शोषून घेते. कार्बन-डाय-ऑक्सॉईडच्या वाढत्या प्रमाणामुळे वनस्पतींची वाढ जलद होण्यास व हवेतील त्याचे प्रमाण कमी होण्यास मदतच होते. कार्बन-डाय-ऑक्सॉईडचे चक्र गुंतागुंतीचे असून ते अजून पूर्णपणे उकलले नाही.

खनिज इंधन जाळल्यावर बाहेर पडणारे आणखी एक प्रदूषक म्हणजे कार्बन मोनॉक्सॉईड. ज्वलनास ज्यावेळी ऑक्सिजन कमी पडतो तेव्हा कार्बन मोनॉक्सॉईड तयार होतो. बराचसा कार्बन मोनॉक्सॉईड मोटार गाड्यांच्या धुराड्यातून बाहेर पडतो. अजून पर्यंत तरी त्याने फार गंभीर परिस्थिती निर्माण केली नाही.

औष्णिक प्रदूषण

एखाद्या प्रक्रियेत नको असलेली उष्णता जेव्हा वातावरणात सोडली जाते आणि त्याचे हानीकारक परिणाम घडतात; त्याला औष्णिक प्रदूषण म्हणतात. जलविद्युत प्रकल्प वगळता वीज निर्मितीच्या इतर सर्व प्रकल्यात वाफचक्कीवर विद्युत जनित्र चालवून वीज निर्मिती होते. शीतीकरणामुळे वाफेचे द्रवीभवन होते. परंतु तेथून ती पुन्हा वापरण्यासाठी गरम केली जाते. शीतीकरणासाठी जवळच्या नदी नाल्यातून अथवा समुद्रातून पाणी घेतले जाते आणि काम झाल्यावर परत ते तेथे सोडले जाते. अथवा शीतीकरण मनोऱ्यात गरम पाणी आणून ते थंड केले जाते. परंतु या प्रक्रियेत पाण्यातून काढून टाकलेली उष्णता वातावरणात मिसळते. दोन्ही पद्धतीमुळे औष्णिक प्रदूषण होते. गरम झालेले

तालिका 2
उत्सर्जन आणि त्याचे परिणाम

प्रकार	उत्सर्जनाची पद्धत	भेदनक्षमता	जैविक परिणाम
अल्फा	धनभार	या किरणांना काही सें.मी. हवेने अथवा 40 मीटर जिवंत पेर्शींच्या मासाने अडवता येते. श्वासामार्गे अथवा गिळण्याच्या मार्गाने शोषण करावे.	केंद्रकावर झालेल्या आघातामुळे स्थनिक आयनीभवन मोठ्या प्रमाणावर होते.
बीटा	ऋणभार	प्रचंड वेग. या किरणांना काही से.मी. जाडीच्या प्लॅस्टिकने अथवा 40 मि.मी. जाडीच्या जिवंत पेर्शींनी थांबविता येते.	अल्फा किरणांच्या तुलनेने याचे आयनीभवन कमी होते.
गॅमा	विद्युत चुंबकीय लहरी	गॅमा किरण शरीरात खोलवर प्रवेश करु शकतात. परंतु शिशाच्या आवरणामुळे या किरणांना अटकाव बसतो. (40 मिमी जाडीचा शिशाचा पत्रा 10 टक्क्यापर्यंत प्रारण प्रभाव कमी करतो.)	आयनीभवनाचा परिणाम खूप लांबच्या अंतरापर्यंत जाणवतो. परंतु नुकसान होत नाही.
न्यूट्रॉन	भाररहीत	पाण्याच्या अणूंमुळे न्यूट्रॉन किरणांचा वेग कमी होतो. हानिकारक नाही.	भाररहीत असल्याने आयनी भवन होत नाही. परंतु इतर पदार्थांमध्ये किरणोत्सार पोहोचवू शकतो.

पाणी एखाद्या तलावात सोडले असेल तर औष्णिक प्रदूषणाचे प्रमाण अधिक वाढते.

भूपृष्ठाजवळील पाण्याच्या साठ्यावर झाडे, झुडुपे, वनस्पती, प्राणी, पक्षी, माणसे यांची गुजराण होते. पाण्याच्या साठ्यावरच त्यांचे जीवन अवलंबून असते. जलचर प्राण्यांचे अस्तित्व, ऑक्सिजनची पाण्यात विरघळण्याची क्षमता, जलचर प्राण्यांची हालचाल आणि जीवरसायन प्रक्रियेचा वेग या सर्व गोष्टी पाण्याच्या तापमानावर अवलंबून असतात आणि म्हणून पर्यावरणाचा विचार करताना पाण्याच्या तापमानाला फार मोठे महत्व आहे. ऑक्सिजन पाण्यात थोडासाच विरघळतो हे सर्वांना माहीत आहे. पाण्याचे तापमान जसजसे वाढते

तसतसे पाण्यात विरघळणाऱ्या ऑक्सिजनचे प्रमाण कमी कमी होते. पाण्याचे तापमान वाढल्यावर माशांच्या शरीरांत होणारी चयापचय प्रक्रिया अधिक वेगाने होते. वाढत्या चयापचयासाठी अधिक ऑक्सिजनची गरज भासते आणि श्वासोच्छावासाचा वेगही वाढतो. पाण्याच्या अमूक एका तापमानाबाहेर मासे पाण्यात जगू शकत नाहीत. त्यांच्या मज्जातंतूवर त्याचा विपरीत परिणाम होतो आणि ते मोकळेपणाने श्वासोच्छावासही करु शकत नाहीत.

ऊर्जा उत्पादक आणि ऊर्जा ग्राहक दोघेही जण औष्णिक प्रदूषण पोहोचवतात. आपण वापरत असलेल्या प्रत्येक ऊर्जेच्या साधनाद्वारे उष्णता निर्माण होते. यातली खूपशी उष्णता हवेत निघून जाते आणि त्यामुळे वातावरणाचे तापमान वाढते.

आण्विक प्रारणाचे परिणाम

ऊर्जेच्या इतर स्त्रोतांपेक्षा अणुभट्ट्या अधिक फायदेशीर असतात. खनिज इंधने वापरुन केलेल्या वीज निर्मिती प्रक्रियेत धूर आणि वाफा बाहेर पडतात तसे आण्विक प्रक्रियेत होत नाही. खाणीतून कोळसा काढत असताना वातावरणाचे प्रदूषण खूप होते. त्या तुलनेत युरेनियम गोळा करत असताना फारच कमी प्रमाणात वातावरणाची हानी होते. त्यामुळे दीर्घ काळपर्यंत एका स्वच्छ वातावरणाची हमी देऊ शकते ती फक्त अणुवीजच. असे असले तरी अणु वीज प्रक्रियेचे असे काही धोके आहेतच. ते म्हणजे या प्रक्रियेतून बाहेर पडणारे काही त्याज्य पदार्थ किरणोत्सारी असतात. उदाहरणार्थ काही किरणोत्सारी वायू हवेत मिसळतात. प्रक्रियेत शीतीकरणासाठी पाणी वापरले जाते. अशा वापरुन झालेल्या पाण्यात ट्रिटियमसारखे सौम्य किरणोत्सारी पदार्थ असतात.

सर्व किरणोत्सारी पदार्थातून बाहेर पडणारे प्रारण हानीकारक असतात. अशा प्रारणामुळे जनावरे आणि मनुष्य प्राण्यांना कर्करोग होऊ शकतो. तसेच पुनरुत्पादक पेशींना हानी पोहोचते. त्याचे दुष्परिणाम दीर्घकाळपर्यंत रहातात. त्या तुलनेत आधुनिक अणुभट्ट्या अधिक सुरक्षित आहेत. नैसर्गिक वातावरणामुळे होणारे परिणाम आणि किरण प्रादुर्भावापेक्षाही आधुनिक अणुभट्ट्यांच्या जवळ राहणाऱ्या माणसास कमी हानी पोहाचते इतक्या त्या सुरक्षित आहेत.

6

ऊर्जा आणि भविष्यकाळ

जगातली ऊर्जेची मागणी दिवसेंदिवस वाढत आहे. मनुष्य जातीची ऊर्जेची गरज प्रचंड प्रमाणात वाढण्याची कारणे अनेक आहेत. मोटारी, बसेस, ट्रक्स, आगगाड्या, विमाने, बोटी या सारखी वाहतुकीची वाढती आधुनिक साधने, जलद गतीने होणारे औद्योगीकरण, गेल्या चाळीस वर्षातील अतोनात लोकसंख्या वाढ, ही त्यापैकी काही माणसांच्या गरजा असल्याने शास्त्रज्ञांनी (सध्याची ऊर्जेची मागणी आणि दरवर्षी तिच्यात होणारी वाढ लक्षात धरून) असे वर्तवले आहे की, सध्याचे खनिज इंधनाचे साठे शंभर वर्षापेक्षा अधिक काळ काही टिकणार नाहीत.

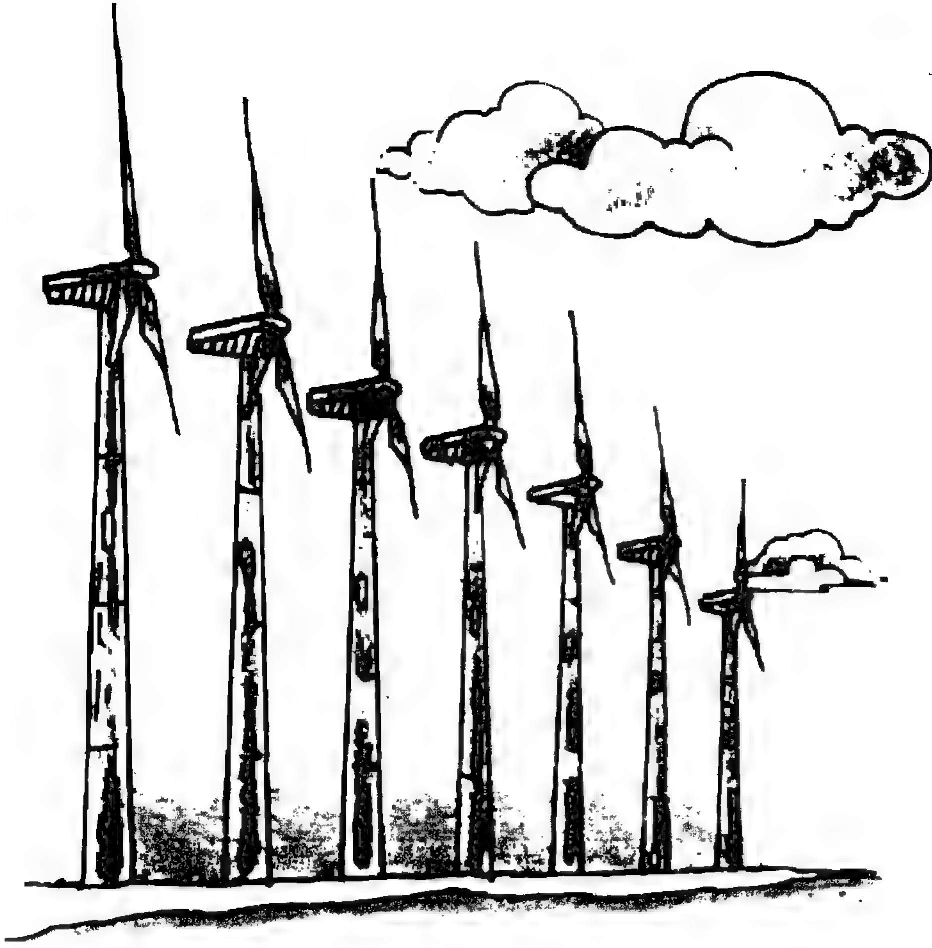
ऊर्जेचा काटकसरीने वापर करण्याची गरज

यामुळेच सर्व लोकांनी ऊर्जेचा आवश्यक तेवढा वापर केला तर तिचे स्त्रोत जास्त काळ टिकून रहातील. याबरोबरच आपली जी नैसर्गिक साधन संपत्ती आहे तिचाही काटकसरीने वापर केला पाहिजे. उदाहरणार्थ आपल्याकडे बिहार, पश्चिम बंगाल आणि ओरिसा राज्यात काट्यवधी टन कोळसा उपलब्ध आहे. फार उत्तम प्रतीचा नसला तरी आपल्या ऊर्जेची वाढती गरज पुरविण्यासाठी जास्त कोळसा काढता येऊ शकेल. खाणीतून कोळसा काढून तो नंतर योग्य त्या ठिकाणी पोहोचवण्याच्या भारतातल्या आपल्या पद्धती जर्मनीसारख्या पुढारलेल्या देशांच्या तुलनेत अत्यंत मागासलेल्या आहेत. जर्मनीत जमिनीलगतच्या कोळशाच्या खाणीतून कोळसा वाहून नेण्यासाठी खूप यांत्रिक पद्धती वापरतात. कोळसा पाठीवरुन किंवा डोक्यावरुन वाहून नेण्यामुळे इकडे तिकडे सांडून वाया जातो. त्यामुळे वाहतुकीच्या कोणत्याही सुधारीत पद्धती वापरण्यामुळे कोळशाची बचत होते.

पश्चिम किनारपट्टीवरील राज्यात सध्या आगगाडीने कोळसा पाठविला जातो. हा कोळसा त्या त्या राज्यात स्वस्तात उपलब्ध व्हावा म्हणून आगगाडीच्या भाड्यात खूप सवलत दिली जाते. या उलट पारादीप आणि हलदिया बंदरातून औष्णिक विद्युत प्रकल्पांसाठी जलवाहतुकीने कोळसा जेव्हा मद्रास आणि कोचीनला पाठविला जातो तेव्हा तो आगगाडीपेक्षाही स्वस्तात पडतो. हे दशक संपण्यापूर्वी किनारपट्टीच्या 10 ते 12 गावी वीज प्रकल्पांची उभारणी व्हायची आहे. किनारपट्टीच्या या गावी पाठवावा लागणारा कोळसा जल वातुकीनेच पाठवावा कारण हा मार्ग स्वस्त तर आहेच शिवाय कार्यक्षमही आहे.

जलविद्युत ऊर्जा निर्मितीचा स्त्रोत आपण आपल्या देशात अजून पुरेसा वापरलेला नाही. भारतातल्या अनेक मोठ्या नद्यांवर धरणे बांधून वीज निर्मिती करता येणे शक्य आहे. पण आपण त्याचा उपयोग करुन घेतला नाही. जलविद्युतचा उपयोग वाढवावा कारण ती स्वस्त आहे, प्रदूषणरहित आहे आणि पुनर्निर्मीत आहे. दरवर्षी पाऊस पडतो, धरणात पाणी साठते आणि वीज बनवता येते. त्या अर्थाने हा न संपणारा अथवा पुन्हा पुन्हा निर्माण होणारा 'पुनर्निर्मीत स्त्रोत' आहे. छोट्या छोट्या अनेक नद्यांवर धरणे बांधून जर वीज निर्मिती केली तर वीज पुरवठ्यात खूप मोठी वाढ होईल.

पवन ऊर्जा हा ऊर्जा प्राप्तीचा आणखी एक मोठा मार्ग आहे. पवन ऊर्जा केवळ भारतातच मिळेल असे नसून अफगणिस्तानपासून व्हिएतनामपर्यंत सर्वत्र पवन ऊर्जा निर्मितीला मोठा वाव आहे. या संपूर्ण पट्ट्यात तेलाचे साठे नाहीत आणि भरपूर दारिद्य आहे. भारत हेवी इलेक्ट्रिकल कंपनीच्या अंदाजानुसार एकट्या भारतात 20 ते 25 हजार मेगावॅट वीज पवनचक्क्या वापरुन मिळेल. जागतिक बँक आणि संयुक्त राष्ट्रसंघाच्या ऊर्जा खात्याने केलेल्या अभ्यासानुसार विकसनशील देशात सर्वात जास्त पवन ऊर्जा भारताला मिळवता येईल. याचे कारण भारतातले वारे पवन ऊर्जेसाठी योग्य असून ते सतत खेळते असतात. भारतात सध्या अनेक ठिकाणी पवन ऊर्जेची जनित्रे कार्यरत आहेत. पाणी खेचण्यासाठी अनेक ठिकाणी पवनचक्कीचा वापर केला जात आहे. त्याला जास्त प्रोत्साहन दिले पाहिजे. भारतात पवनचक्क्या आणि पवन ऊर्जा जनित्राचे संच मोठ्या प्रमाणावर बनवले तर ग्रामीण विकासासाठी



आकृती 40 : पर्यायी ऊर्जेचा स्त्रोत म्हणून भारतात पवनचक्कीमळे स्थापन करायला मोठा वाव आहे.

ते एक वरदानच ठरणार आहे. पवन ऊर्जा प्रदूषण न करणारी, स्वस्त आणि रोज मिळणारी आहे. ती कधीही न संपणारी आहे. (आकृती 40)

ऊर्जेच्या आपल्या एकूण गरजेपैकी बराच मोठा भाग जळाऊ लाकडाचा वापर करून भागवला जातो. त्यासाठी वृक्षतोड करावी लागते. वृक्ष तोडीमुळे जंगले नष्ट होतात, जमिनीची धूप होते आणि जी झाडे पावसाचे पाणी अडवून जिरवून टाकू शकतात तीच नष्ट झाल्याने पूरही येतात. हे सर्व टाळण्यासाठी आणि समाजाचे पर्यावरणीय संतुलन राखण्यासाठी वृक्षारोपणाचा मोठा कार्यक्रम हाती घेणे जरुरीचे आहे. होता होईल तो लाकूड जाळण्याचे बंद करुन शेण, शिळे अन्न, मलमूत्र, झाडपाला यांचा वापर करुन गोबर गॅस संयंत्राद्वारे जैविक वायू मिळवून तो इंधन म्हणून वापरावा. जैविक वायू वापरण्याचे फायदे बरेच आणि विविध आहेत. एका आकडेवारीनुसार 1989 साली भारतात 11 लाख कुटुंबे जैविक वायू संयंत्रे वापरत होती. त्याद्वारे 110 कोटी घनमीटर वायू उपलब्ध झाला. एवढ्या वायूच्या उपलब्धतेमुळे 38.18 लाख टन लाकडाची

बचत झाली आणि शिवाय दरवर्षी 152 कोटी रुपये वाचले. एवढेच नव्हे तर संयंत्रातील जैविक वायू वापरल्यावर खाली उरणारा साका उत्तम खत म्हणून वापरता येतो. वरील व्यवहारात 152 कोटी रुपयांचे 184 लाख टन खतही मिळाले. जैविक वायू संयंत्रामुळे (गोबर गॅस प्लँट) देशाचा आर्थिक फायदा तर होतोच पण पर्यावरणात सुधारणाही होते.

भारताला लागणारी एकूण ऊर्जा पुरवण्यासाठी परदेशाहून बरेच खनिज तेल आयात करावे लागते. त्यासाठी आपण खनिज तेलाचा वापर हळूहळू कमी केला पाहिजे. खनिज तेलापासून मिळणाऱ्या पेट्रोल डिझेलचा वापर रस्त्यावरील वाहने आणि आगगाड्या चालविण्यासाठी प्रामुख्याने होतो. कच्चा माल किंवा इंधन म्हणून कारखान्यात पेट्रोलियम पदार्थांचा वापर करतात. पेट्रोल आणि डिझेलचा वापर अधिक कार्यक्षमतेने करण्यासाठी मोटारी, ट्रक आणि स्कूटरसारख्या दुचाकी वाहनांच्या इंजिनांची घडण केली आणि इंजिनची वेळोवेळी नीटपणे देखभाल केली तर पेट्रोल-डिझेलचा खप खूप कमी करण्यास वाव आहे.

भारतात नैसर्गिक वायूचे खूप मोठे साठे आहेत ही सुखद बातमी आहे. शिवाय नैसर्गिक वायू हे इंधनाच्या इतर कोणत्याही स्त्रोताच्या तुलनेत प्रदूषण रहित आहे. मुंबई हायच्या तेलक्षेत्रात तेलाबरोबर नैसर्गिक वायूचाही मोठा साठा आहे. परंतु समुद्रातून किनाऱ्यावर आणून तो वापरण्याची योग्य यंत्रणा तयार न केल्याने तो वायू सध्या तिथल्या तिथे समुद्रात जाळून टाकावा लागतो. ईशान्य भारतात आता नैसर्गिक वायूपासून वीज निर्मिती आणि खत बनवण्याची योजना कार्यान्वित होत आहे. डच आणि ब्रिटिश लोकांना आपापल्या देशालगतच्या समुद्रात नैसर्गिक वायूचे मोठे साठे सापडले असून तो वापरण्याचे नवे तंत्रज्ञान त्यांनी विकसित केले आहे.

उधळपट्टी कमी करा

आपण सर्वांनी ऊर्जेचा वापर अत्यंत काटकसरीने तर करायला शिकलेच पाहिजे पण त्याच बरोबर उधळपट्टीही कमी करायला हवी. आपल्या रोजच्या सवयींवर जरी आपण बारीक नजर फिरवली तरी आपल्या असे लक्षात येईल की आपण खूप प्रकारे ऊर्जा वाया घालवत असतो. खोलीत कोणीही नसताना

दिवा-पंखा चालू ठेवणे, रस्त्यांवर मित्रांशी गप्पा मारत असताना स्कूटर मोटारीचे इंजिन चालू ठेवणे या सर्व सवयी म्हणजे ऊर्जेचा गैरवापर आहे. घरात आणि कारखान्यात आपण किती मार्गांनी ऊर्जा वाया घालवत असतो त्याचा अभ्यास करून ही उधळण थांबवण्यासाठी इतरांना प्रवृत्त केले पाहिजे. कारखान्यांनी आपल्या यंत्राची घडण नीट केली आहे की नाही ते तपासून पहावे. यंत्रे नीट आणि चालत्या स्थितीत रहाण्यासाठी त्यांची वारंवार आणि योग्य ती देखभाल केली पाहिजे. यामुळे फार मोठी ऊर्जा बचत होईल. संपूर्ण मानवजातीस भेडसावणाऱ्या ऊर्जा प्रश्नात प्रत्येक छोट्या मोठ्या बचतीस महत्त्व आहे. अशी वाचवलेली ऊर्जा भविष्यात तितक्या अधिक काळपर्यंत जास्त महत्वाच्या कामांसाठी उपयोगी पडेल. ऊर्जा बचत म्हणजेच ऊर्जा निर्मिती हे तत्व आपण सर्वजण लक्षात ठेवू या.





परिभाषा

अर्धवाहक (सेमीकंडक्टर) : वाहक आणि रोधकामधील जागेतच ज्या पदार्थाची विद्युत वाहकता असते असा स्फटिकरुप घन पदार्थ.

अनानिलवानू प्रक्रिया (ॲनारोबिक) : या प्रक्रियेत ऑक्सिजन वापरला जात नाही.

अनिलवानू प्रक्रिया (ॲरोबिक) : या प्रक्रियेत ऑक्सिजन वापरतात.

अणू (ॲटम) : रासायनिक दृष्ट्या मौलाचा सर्वात लहान कण.

अल्फा कण : किरणोत्सारी मौलातील अल्फा किरणांची गळती होत असताना अल्फा कण बाहेर उडतात. बाहेर उडून गेलेले कण हे हिलियम मौलाच्या अणूचे केंद्रक असते. या केंद्रकाचा भार+2 आणि वस्तुमान+4 असते.

अवकाश (स्पेस) : पृथ्वीवरील वातावरणाच्या बाहेरील जगाचा भाग.

आंदोलक (ऑसिलेटर) : विशिष्ट मर्यादेत कमी जास्त होणारा.

कार्यरत जळाऊ कोळसा (ॲक्टिव्हेटेड चारकोल) : जळाऊ कोळशाचो ही खर असून ती सच्छिद्र असते. त्यात वायू शोषला जातो. सर्वसामान्य जळाऊ कोळशापासून हा कोळसा बनवला जातो. या प्रक्रियेत सच्छिद्र कोळशातील हवा काढून घेऊन कोळसा तापवतात.

ऑक्सिडेशन : ज्या प्रक्रियेत एखादा रासायनिक पदार्थ ऑक्सिजन मिसळल्याने बदलतो त्यास ऑक्सिडेशन म्हणतात.

इंधन (फ्यूएल) : जो पदार्थ भट्टीत अथवा इंजिनात जाळल्यानंतर त्यातून उपयोगी पडणारी उष्णता अथवा ऊर्जा मिळते त्यास इंधन म्हणतात.

उष्माग्राहक (इंडोथर्मिक) : ज्या रासायनिक प्रक्रियेत सभोवतालच्या पदार्थांकडून उष्णता घेतली जाते त्यास उष्माग्राहक प्रक्रिया म्हणतात.

उष्मादायी (एक्झोथर्मिक) : ज्या रासायनिक प्रक्रियेतून बाहेर पडणारी उष्णता सभोवतालच्या पदार्थांना दिली जाते त्यास उष्मादायी प्रक्रिया म्हणतात.

उष्णतामानस्थापन (थर्मोस्टॅट) : एखाद्या पेटीतील अथवा खोलीतील तापमान विशिष्ट मर्यादेत रहाण्यासाठी मदत करणारे दर्शक उपकरण.

कार्बन मोनाक्सॉईड : कार्बनी पदार्थाच्या अपूर्ण ज्वलनामुळे निर्माण होणारा रंगहीन आणि वासहीन वायू.

कर्करोगजन्य (कारसिनोजीन) : कर्करोग होण्यास कारणीभूत होणारा पदार्थ.

किण्वन (फर्मेंटेशन) : यीस्ट अथवा सूक्ष्मजंतूसारख्या एखाद्या सेंद्रिय पदार्थात विकरांच्या कार्यामुळे रासायनिक बदल होत असताना कार्बन-डाय-ऑक्सॉईड बाहेर पडतो त्या प्रक्रियेस किण्वन असे म्हणतात.

किरणोत्सारिता (रेडिओ ॲक्टिव्हिटी) : चटकन फुटणाऱ्या काही पदार्थातील काही मौले ज्यावेळी गळून जातात त्यावेळी अल्फा, बीटा, गॅमासारख्या जास्त ऊर्जा असणाऱ्या किरणांचे प्रारण होते त्यास किरणोत्सारिता म्हणतात.

गॅमा किरण : उत्तेजित केंद्रकामुळे जमिनीकडे येत असताना होणारे कमी तरंग लांबीचे विद्युतचुंबकीय प्रारण.

जड पाणी (हेवी वॉटर) : नेहमीच्या पाण्यात हायड्रोजनचा एक अणू असतो. त्या ऐवजी जड समस्थानकाचा जर दोन वस्तूमानाचा अणू *(ड्यूटेरियम)* त्यात निर्माण केला तर अशा पाण्यास जड पाणी म्हणतात.

जनित्र (जनरेटर) : यांत्रिक शक्तीचे विद्युत शक्तीत रुपांतर करणारे यंत्र. दिशा बदलत जाणारा वीज प्रवाह (ए.सी.) देणारे आणि दिशा न बदलणारा वीज प्रवाह देणारे (डी.सी.) अशी दोन प्रकारची जनित्रे असतात.

जलगतिक जनित्र (एम्.एच्.डी. जनरेटर) : विद्युत चुंबकीय प्रवर्तनाच्या तत्वावर चालणारे जनित्र.

तरंगलांबी : एखाद्या तरंगचित्रातील एकामागच्या एक पण दोन सारख्या बिंदुतील अंतर. उदाहरणार्थ दोन उच्चीच्या बिंदुतील अंतर. चित्रातील तरंगाची उंची क्ष अक्षापासून जेवढी उंच तेवढीच खोलीही असली पाहिजे आणि तरंग एकाच दिशेने पुढे जाणारे हवेत.

तापावरण (ट्रोपोस्फिअर) : पृथ्वीपासून 6 ते 10 कि.मी. उंची. उंची वाढते तसे तापमान कमी होते.

दूरावरण (स्ट्रॅटोस्फिअर) : पृथ्वीपासून 50 कि.मी. उंची. यातील खालचा भाग तापमानामुळे थोडा बदलतो. आणि वरच्या भागातील तापमान उंचीमुळे वाढते.

पदार्थ (मॅटर) : जी जी वस्तू काही जागा व्यापते आणि जिला वजन असते त्या सर्वांना पदार्थ म्हणतात.

प्रभाजी उर्ध्वपातन – फ्रॅक्शनल डिस्टिलेशन.

प्रारण (रेडिएशन) : सूर्याचे किरण आपल्यापर्यंत येतात ते प्रारण पद्धतीने.

पेशी (सेल) : प्रत्येक जिवंत इंद्रिय रचनेतील कार्यरत असा छोटा भाग.

बहुवारिक (पॉलिमर) : मोनोमर नावाचे छोटे छोटे भाग एकत्र जुळवून ज्या संयुगात मोठे रेणू बनवले जातात त्यास बहुवारिक म्हणतात.

बाष्पक (बॉयलर) : पाण्याची वाफ बनवणारे उपकरण.

बीटाकण : किरणोत्सारी मौलातील बीटा किरणांची गळती होत असताना बीटा कण उडून बाहेर पडतात. कणांचे वस्तुमान इलेक्ट्रॉनच्या वस्तुमानाएवढे असून ते ऋण भारांकीत असतात.

बंध (बाँड) : एखाद्या संयुगात वेगवेगळया मौलांचे अणू ज्या बलाने एकत्र बांधले असतात त्यास बंध म्हणतात.

मिनार (कॉलम) : रासायनिक प्रक्रिया ज्यात होते असे खूप उंच उपकरण.

रेणू (मोलेक्यूल) : पदार्थाचा स्वतंत्र अस्तित्व असलेला सर्वात लहान भाग, ज्यात या

पदार्थाचे सर्व गुणधर्म असतात त्यास रेणू म्हणतात.

लाल रक्तपेशी (हिमोग्लोबिन) : रक्तातील या लाल पेशी फुफ्फुसातून सर्व अवयवांपर्यंत ऑक्सिजन घेऊन जातात आणि सर्व अवयवांकडून कार्बन-डाय-ऑक्साईड फुफ्फुसापर्यंत घेऊन येतात.

वारंवारिता (फ्रिक्वेंसी) : एकादी गोष्ट ठराविक वेळेनंतर परत परत घडत असेल तर त्याला त्या गोष्टीची वारंवारिता म्हणतात. उदा. विद्युत दाबाची, आगगाडीची, बसची इत्यादी.

विकर (इन्झाइम) : जैविक प्रक्रियेत जो प्रोटीन उत्प्रेरक म्हणून काम करतो त्यास विकर म्हणतात.

विद्युत विच्छेदक (इलेक्ट्रोलाईट) : वीज वाहून नेणारा द्रव पदार्थ अथवा द्रावण.

विद्युत विच्छेदन (इलेक्ट्रोलिसिस) : रासायनिक द्रावणात वीज प्रवाह सोडून त्यातील घटक रसायने वेगवेगळी करण्याची प्रक्रिया.

विपुलता (एनरिचमेंट) : समस्थानिकांच्या मिश्रणातील एखाद्या समस्थानिकाची विपुलता वाढविणे.

वेगवान (फास्ट ब्रीडर रिॲक्टर) : औष्णिक नैसर्गिक युरेनियमचे भंजन होत नाही. ते भंजन करणारी भट्टी वेगवान होय.

समस्थानिक (आयसोटोप) : एकाच मौलाच्या अणू केंद्रकात वेगवेगळया संख्येचे न्यट्रॉन असलेल्या अणुंना एकमेकाचे समस्थानिक म्हणतात.

स्वतंत्र मूलतत्व (फ्री रॅडिकल) : ज्या अणूत अथवा अणूगटात इलेक्ट्रॉन नसतो त्यास स्वतंत्र मूलतत्त्व म्हणून ओळखले जाते.

सूक्ष्मजंतू (बॅक्टेरिया) : सूक्ष्मजीवांचा वर्ग. यातील अनेक सूक्ष्मजंतू रोगकारक असतात. उदाहरणार्थ कॉलरा, टॉयफॉईड इत्यादी.

हरितवलके (क्लोरोप्लास्ट) : हिरव्या रंगाच्या वनस्पतीत अन्न तयार करण्याचे काम करणाऱ्या हरितद्रव्य असलेल्या पेशी.

हवा (एअर) : वातावरणातील एक महत्वाचा घटक. यात पृथ्वीच्या सभोवताली असणाऱ्या सर्व वायूंचे मिश्रण असते. हवेत सर्वात जास्त नायट्रोजन असतो. त्या खालोखाल ऑक्सिजन आणि कार्बन-डाय-ऑक्साईड असतो.

हायड्रोकार्बनस : ज्या सेंद्रिय रासायनिक पदार्थात फक्त हायड्रोजन आणि कार्बनचेच फक्त अणू असतात त्यास हायड्रोकार्बनी पदार्थ अथवा हायड्रोकार्बनस् म्हणतात.

व्होल्टेज : विद्युत दाबातील फरक, व्होल्ट या परिमाणात मोजतात.